Untersuchungen

über

die Entwickelung der

Zahnsubstanzen.

Von

Dr. E. Wenzel,
Privatdocent und Assistent an der Anatomie in Leipzig.



Mit sechs Tafeln.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1871.

A.

Ueber die Entwickelung des Zahnbeins.

Das Zahnbein bildet die Grundlage und die Hauptmasse der Zähne. Es besteht aus einer homogenen, atlasähnlich glänzenden, verkalkten *Grundsubstanz*, welche solide, weiche, sich verästelnde, faserartige Gebilde, die *Zahnfasern*, in entsprechend verzweigten, sehr resistenten, mit einer besondern Wandschicht versehenen Röhren, den *Zahnröhrchen*, *Zahnkanälchen*, *Zahnscheiden* nach *Neumann*, enthält. Ferner liegt in seiner Grundsubstanz an der Peripherie gegen den Cement hin eine körnige Zone weicher Substanz, in welcher die meisten daselbst befindlichen Zahnröhrchen enden; und ausserdem finden sich an den verschiedensten Stellen jedoch im Allgemeinen mehr gegen die Peripherie und die Zahnhöhle hin noch unverkalkte, von Kreissegmenten begrenzte, unregelmässige Partien der organischen Grundlage des Zahnbeins oder des Zahnknorpels, die von *Czermak* als *Interglobularräume*, von *Retzius* als Kalkkugeln bezeichnet worden sind.

Hinsichtlich der *Entstehung des Zahnbeins aus der von ihm rings umgebenen Zahnpulpa oder dem Zahnkeime* bestehen gegenwärtig dreierlei Ansichten, wovon die eine von *Waldeyer* und *Boll* vertreten wird, die

andre von Hertz und die dritte von Kölliker und neuerdings von Kollmann aufgestellt und gestützt wird.

Waldeyer[1]) ist der Vertreter der directen Umwandlung und Verkalkung der Elfenbeinzellen der Pulpa (Odontoplasten) in die Zahnbeingrundsubstanz und die Zahnfasern stellen die nicht verkalkten Reste derselben dar. Hertz[2]) lässt die Grundsubstanz der Zahnpulpa zur Grundsubstanz des Zahnbeins sich umbilden, an welche Möglichkeit auch Lent[3]) dachte und Zahnfasern aus den Zahnbeinzellen hervorgehen lässt. — Kölliker[4]) endlich lässt die Elfenbeinzellen die Zahnbeingrundsubstanz ausscheiden, ähnlich wie Drüsenzellen ihr Sekret liefern, und diese Ausscheidung Kalk aufnehmen. Die Zahnfasern sind Abkömmlinge der Zahnbein- oder Elfenbeinzellen.

Die Zahl der Theorien über die Zahnbeinbildung ist gegen die frühere Zeit um eine, nämlich die Kölliker'sche vermehrt worden. Während man vor Schwann, da man weder die genauere Structur der Zahnpulpa noch des Zahnbeins kannte, nur insofern der directen Umwandlung der Zahnpulpa in das Zahnbein huldigte, als man einen faserigen Bau des letzteren annahm, welcher dem Baue der Pulpa entsprechen sollte, oder der Sekretionstheorie sich hinneigte, als man die Zahnbeingrundsubstanz structurlos und homogen, also wie ein Sekret beschaffen, ansah; so änderte man seine

1) Untersuchungen über die Entwickelung der Zähne. Zeitschrift für ration. Medic. von Henle und Pfeuffer, XXIV, pag. 169. 1865.

2) Untersuchungen über den feineren Bau und die Entwickelung der Zähne, Virchow's Archiv, XXXVII, pag. 272, 1866.

3) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. VI, pag. 121. 1855.

4) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 4. Aufl. pag. 419 und 5. Aufl. pag. 386.

Ansichten, seit Schwann[1]) als Ueberzug der Zahnpulpa die Dentinzellen entdeckte, fast allgemein mehr oder weniger bestimmt zu Gunsten der directen Umwandlung dieser Zellen in die Zahnbeingrundsubstanz und brachte Beweise über die genauere Art dieses Vorganges bei. Man glaubte im Allgemeinen, dass die faserartig verlängerten Zellkörper der Dentinzellen oder deren Zellinhalt zur Zahnbeingrundsubstanz verschmelzen und die Zellkerne sich unter einander verbinden, zu sogenannten Kernfasern auswachsen und zu den Zahnkanälchen sich umwandeln. So erklärten diesen Vorgang z. B. Schwann[2]), Henle[3]), Joh. Müller[4]), Todd-Bowmann[5]), Hannover[6]), Owen[7]), der noch überdies eine Intercellularsubstanz zwischen den Zellen verkalken liess. Nach der Ansicht von Fürstenberg[8]) erzeugen ebenfalls die Zellen die Zahnbeingrundsubstanz, und die übrig bleibenden Zellenhöhlen bilden die Zahnkanälchen, was neben der erstern Ansicht anfänglich auch Kölliker[9]) wahrscheinlich schien. Robin und Magitot[10]) leiten die Zahnkanälchen ab von den Lücken, die zwischen den verschmol-

---

1) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839, S. 124.

2) l. c.

3) Allgemeine Anatomie, pag. 871.

4) Handbuch der Physiologie. 4. Aufl., pag. 313. Früher war Joh. Müller Anhänger der Sekretionstheorie: Hdbch. der Physiol. 3. Aufl. I, pag. 387.

5) Physiol. anatomy of man, pag. 176.

6) Nov. acta Acad. Caes. Leopold. 1856, pag. 810.

7) Odontography. Introduction pag. 44 u. Tab. I.

8) Ueber einige Zellen mit verdickten Wänden im Thierkörper. Müller's Archiv, 1857, pag. 1.

9) Mikroskopische Anatomie II. 1. Abth. pag. 102.

10) Brown-Séquard, Journal de la physiologie. Tome III, pag. 672 u. 677.

zenen und verzahnten Elfenbeinzellen frei geblieben sind, wie schon Raschkow[1]) angenommen hatte.

Seit Tomes[2]) am ausgewachsenen Zahn die Zahnfasern in den Zahnkanälchen auffand, die Lent[3]) schon bei dem sich entwickelnden Zahne im Zahnbein kannte, und als Neumann[4]) um dieselben die Zahnscheiden als besondere Wandungen beschrieb, bedurfte die Theorie der Zahnbeingenese einer Ergänzung. Dieselbe gab zuerst Waldeyer[5]), wie erwähnt, im Sinne der directen Umwandlung der Elfenbeinzellen in die Zahnbeingrundsubstanz und in einer Weise, dass sie den jetzt erkannten Strukturverhältnissen des Zahnbeins in allen ihren Einzelheiten völlig Rechnung trägt. Ihm schloss sich Boll[6]) vollständig an. Die Formulirung seiner Theorie giebt Waldeyer[7]) mit folgenden Worten: „Die Dentinbildung besteht in einer Umwandlung eines Theiles des Protoplasma's der Elfenbeinzellen in leimgebende Substanz, mit nachfolgender Verkalkung der letzteren, wobei der andere Theil des Zellprotoplasma's in Form weicher Fasern (der Zahnfasern) unverändert in der erhärtenden Masse zurückbleibt." Die Neumann'schen Zahnscheiden sieht er an als elastische Begrenzungsschichten der Intertubular- oder Grundsubstanz

---

1) Raschkow, Meletemata circa dentium mammal. evolut. Vratislav. 1835.

2) Tomes, System der Zahnheilkunde, übersetzt von A. zur Nedden. Leipzig 1861, pag. 262.

3) l. c.

4) Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes. 1863.

5) l. c.

6) Untersuchungen über Zahnpulpa. Archiv für mikroskop. Anatomie von M. Schultze, IV, pag. 73, 1868.

7) l. c. pag. 189.

des Zahnbeins gegen die Zahnfasern, welche sich nicht direct aus der Substanz der Zahnfasern, oder dem unverzahnt bleibenden Zellprotoplasma, sondern aus der leimgebenden Substanz entwickeln, welche letztere gewissermaassen als nothwendiges Zwischenstadium entstehen muss.

Die Ausscheidungstheorie, welche zuerst von Hunter[1]) bestimmter aufgestellt wurde und bis zur Zeit Schwann's einzelne Anhänger gezählt hatte, fand nach der Entdeckung der Dentinzellen erst in Huxley[2]) wieder einen Vertreter, aber es sollte sich an dem Vorgange nur sein Häutchen, welches zwischen Schmelzorgan und Zahnpulpa liegen soll, nicht die Zahnpulpa betheiligen. Ihm folgte Lent, aber er schwankt zwischen zwei Möglichkeiten des Ausscheidungsprocesses, nämlich entweder ob die Grundsubstanz des Zahnkeims die Grundsubstanz des Zahnbeins liefere, oder ob die Letztere von den Elfenbeinzellen ausgeschieden werde und die Elfenbeinzellen allein in die Zahnfasern übergehen. Von beiden Ansichten ist ihm die zweite die wahrscheinlichere. — Beide von Lent angegebenen Ausscheidungsmöglichkeiten haben nun in der neuesten Literatur Vertheidiger gefunden und zwar ist die erstere von Hertz, die zweite von Kölliker adoptirt worden, und Kollmann[3]), der diesen Unterschied zwischen Hertz und Kölliker nicht genau beobachtet, tritt mehr auf Kölliker's Seite.

---

1) Natürliche Geschichte der Zähne und Beschreibung ihrer Krankheiten, pag. 98.

2) Quart. Journal of microscop. scienc. III, pag. 149; X, pag. 127; XIX, 1857; nach Kölliker's Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl., pag. 391.

3) Entwickelung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie von Siebold und Kölliker; XX, pag. 145, 217.

Hertz[1]) sieht die Neumann'schen Zahnscheiden nur als festere Aussenschicht der in deren Axe liegenden weichen, fast flüssigen Zahnfaser an und behauptet, dass die Zahnfasern direct aus den Dentinzellen hervorgehen, indem die Membran der letzteren zu dem peripherischen festen Theile der Zahnfasern wird, und das Protoplasma der Zellen die centralen weicheren Theile der Zahnfasern bildet. Die Grundsubstanz des Zahnbeins ist die chemisch umgewandelte und verkalkte Intercellularsubstanz der Pulpazellen, in welcher die die Zahnfasern einschliessenden Kanälchen wandungslose Lücken darstellen.

Kölliker[2]) dagegen führt die zweite von Lent aufgestellte Modalität der Zahnbeinbildung dahin aus, dass die Zahnfasern die unmittelbaren Ausläufer der ganzen Elfenbeinzellen sind und die Grundsubstanz des Zahnbeins eine Ausscheidung dieser Zellen oder der Zahnpulpa darstellt, ähnlich einer Intercellularsubstanz. Da jedoch die Elfenbeinzellen ganz dicht ohne Einfügung irgend welcher Zwischensubstanz aneinander liegen und eine solche vielmehr erst zwischen den auswachsenden Fortsätzen der Zellen auftritt, so kann sie nicht unmittelbar aus der Pulpa sondern nur durch Vermittelung dieser Zellen entstehen, jedoch so, dass für ihre Ausscheidung die Pulpa und ihre Gefässe den Stoff liefern. Da ferner diese Zwischensubstanz bei ihrem ersten Auftreten eine gleichartige Masse darstellt, und sich in keiner Weise, sei es in Form von Fasern oder Röhren, auf die einzelnen Zellen beziehen lässt, so ist sie als eine von allen Elfenbeinzellen gemeinsam gebildete Ausscheidung zu betrachten. Die Zahnscheiden

1) l. c. pag. 316.

2) Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl., pag. 419. 5. Aufl., pag. 387.

Neumann's betrachtet Kölliker wie Waldeyer als secundäre Erhärtungen der die Zahnfasern zunächst umgebenden Grundsubstanz und vergleicht sie mit den Knochenkapseln und den die Haversischen Kanäle begrenzenden Scheiden.

Kollmann[1]) endlich tritt besonders deswegen für die Sekretionstheorie ein, weil die jüngst entstandene Lage von Zahnbeingrundsubstanz, wie bereits Beale[2]) angiebt, in Carmin sich schwach oder gar nicht färbt, während die Dentinzellen auf das Prächtigste sich damit imprägniren und weil zwischen der Zone der Dentinzellen und der Lage des jüngst gebildeten Zahnbeins eine scharfe Grenze besteht und kein continuirlicher Uebergang zwischen dem Protoplasma der Dentinzellen und der weichen Dentinzone sich findet, obwohl ihn Waldeyer behauptet.

Wie sich für die Bildung des Schmelzes die dauernd wachsenden Zähne, insbesondere die Schneidezähne der Nagethiere als günstiges Beobachtungsobject erweisen, indem an ihrem Grunde fortwährend eine junge Schmelzlage sich entwickelt, so liefern auch dieselben Zähne für die Genese des Zahnbeins sehr instructive Präparate. Die Schneidezähne der Nagethiere haben nämlich, besonders im jugendlichen Alter, an ihrem Grunde eine dünne, weiche, biegsame, durchscheinende, nach abwärts sich verjüngende, ringförmige Zone, die aus jüngster Zahnbeingrundsubstanz besteht (Fig. I.)

---

1) l. c. pag. 218.

2) Die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Körpers, übersetzt v. V. Carus 1862, pag. 139 ff.

und auf welcher sich an ihrer vordern Seite in grösserer oder geringerer Entfernung von ihrem untern Rande eine dünne Schmelzschicht mosaikförmig auflagert, welche sich nach aufwärts hin verdickt. Aufwärts von dieser durchscheinenden Zone imprägnirt sich das Zahnbein mehr und mehr mit Kalksalzen, es wird deshalb undurchsichtig und hat sich nun zu völlig ausgebildetem Zahnbein umgewandelt. — Bei jugendlichen Individuen ist diese Zone breiter, weicher und dünner als bei älteren Exemplaren und daher eignen sich erstere besser zur Erkenntniss der uns hier interessirenden Vorgänge der Zahnbeinbildung.

Bevor wir jedoch zur Beschreibung der feineren morphologischen Verhältnisse des jungen, wachsenden Zahnbeins übergehen, wollen wir die Bildungsstätte des Zahnbeins, die Zahnpulpa, genauer betrachten.

Der Nagethier-Schneidezahn umfasst als gebogener Hohlcylinder scheidenförmig die grosse, kegelförmige Zahnpulpa, an die sich am Grunde der Alveole nach vorn zu das Schmelzorgan, nach hinten und etwas nach beiden Seiten hin das Alveolarperiost anlegt und den Zahn von aussen her umkleidet.

Zieht man die grau-röthliche oder röthliche schleimig-weiche Pulpa aus dem Zahne heraus, oder hebt man den Zahn von der Pulpa ab, so bleibt gewöhnlich die äusserste Schicht derselben in geringerer oder grösserer Dicke und je nachdem bald allein aus den Elfenbeinzellen, bald aus diesen und einigen tieferen Pulpalagen bestehend, in der Höhle des Zahnes sitzen und man findet dieselben bei der Flächenansicht des Zahnbeins von innen. Will man diese oberflächliche Schicht mit der Pulpa zusammenhängend be-

trachten so kann man durch ein Messerchen, das man dicht am Zahnbein einschiebt, versuchen, daselbst die Pulpa in toto vom Zahnbein zu trennen und die oberflächlichsten Zelllagen an der Pulpa zu erhalten. Oder man streicht oder schabt die am abgehobenen Zahnbein hängenden oberflächlichsten Pulpalagen mit dem Messer ab.

Abgesehen von dieser äussersten gewöhnlich am Zahnbein hängen bleibenden Schicht besteht die Pulpa dieser Zähne, ganz frisch ohne Zusatz betrachtet, aus äusserst zahlreichen, dicht beisammen liegenden, hellen, kugligen oder ovalen Körperchen, etwa von der Grösse der weissen Blutkörperchen, und aus einer homogenen, zähen, trüben, noch feinkörnigeren Zwischen- oder Grundsubstanz, in welcher die Körperchen eingebettet und von ihr allseitig umgeben sind. Diese Körperchen sind scharf contourirt und zeigen gewöhnlich kein besonders in ihnen hervortretendes Gebilde. Nur ist die Mehrzahl der rundlichen Körperchen äusserst fein granulirt, hauchartig bestäubt, oder sie sind und zwar seltener ganz homogen ohne jegliche Granulirung. Ausser diesen finden sich jedoch auch gröber granulirte vor und in einzelnen treten 1—2 und mehr noch gröbere Körner auf, ja bisweilen, und dies zeigt sich mehr gegen die Peripherie der Pulpa, kommt nur ein grösseres Korn in einem solchen Körperchen vor. Sie glänzen meist bei höherer Einstellung beträchtlich, bei tieferer werden sie dunkler als die Zwischensubstanz, doch kommt an vielen auch das umgekehrte Verhalten vor.

Die kugligen Kerne oder Körperchen sind mit zahlreicheren feinen Körnchen versehen und weniger glänzend, als die ovalen, die mehr homogen durchscheinend aussehen,

und bisweilen, besonders in der Achse der Pulpa, längere Spitzen oder Fasern an sich tragen. Ausser diesen rundlichen und ovalen Elementen sind in der Pulpa noch stäbchen- oder biscuitförmige Kerne zu finden, welche wie aus zweien zusammengesetzt aussehen; ferner grössere platte oder biconcave Scheiben, welche dunkler sind und das Licht weniger brechen als die kleineren kugligen Körperchen. —

Die in der Nähe der grösseren Gefässe und Nerven in der Mitte der Pulpa liegenden mehrfachen Schichten von glänzenden homogenen spindelförmigen Elementen können mit ihren langen schwanzförmigen Ausläufern eine fibrilläre Structur dort vortäuschen, wie sie Boll und Waldeyer erwähnen. In der spindelförmigen Anschwellung derselben ist ein länglicher Kern enthalten, welcher noch deutlicher in Präparaten, die in doppeltchromsaurem Kali gelegen haben, hervortritt. Zwischen ihnen liegen vereinzelte rundliche, granulirte Körperchen.

An Querschnitten der Pulpa, die von mit doppelt-chroms. Kali oder mit Alkohol gehärteten oder von etwas eingetrockneten Pulpen gewonnen wurden, sind die Körperchen von der Mitte aus gegen die Peripherie hin in nahezu radienförmigen Reihen geordnet. In der Mitte, wo zugleich die Querschnitte der grössern Blutgefässe und zahlreichen Nervenbündel sich vorfinden, sind sie weniger zahlreich als nach aussen hin. Diese Vermehrung ihrer Zahl ist an Umfang ganz beträchtlich, und zugleich sind sie daselbst auch grösser, gröber granulirt und enthalten nicht selten ein deutliches Korn. Ebenso sind dieselben bei jugendlichen Individuen zahlreicher und dichter bei einander, als bei aus-

gewachsenen Individuen; doch ist dieser Unterschied nicht immer bemerkbar.

Die Zwischensubstanz der Zahnpulpa ist homogen, schleim- oder gallertartig, zäh und in der Mitte der Pulpa im Allgemeinen reichlicher vorhanden, als gegen den Umfang hin, woselbst die Kerne zahlreicher werden. Sie ist in dünnen Schichten heller, in dickern mehr trüb und weniger durchscheinend. Eine feine Granulirung, und zwar mittels feinerer Körnchen als bei der Mehrzahl der Körperchen ist auch an ihr bemerkbar. Im Uebrigen aber ist sie vollkommen gleichartig ohne Streifung oder Faserung und wo eine streifige Anordnung an ihr vorkommt, wird sie von daselbst befindlichen Nerven und Gefässen bedingt und auch die anscheinend deutliche Streifung oder selbst fibrilläre Textur, welche in der Mitte der Pulpa die grössern Gefässe und Nerven umscheidet, rührt, wie erwähnt, nur von den langen, dicht an einander liegenden Ausläufern der dort vorhandenen spindelförmigen Zellen her. — Diese Grundsubstanz ist bei jugendlicheren Individuen weicher, als bei älteren und in geringerer Menge vorhanden. Auch ändert sich im spätern Alter ihr Bau. Die Brücken von Zwischensubstanz zwischen den Körperchen sind meist nicht breiter als der Durchmesser der letzteren beträgt und gegen den Umfang der Pulpa werden sie noch schmäler, so dass man bei dickeren Präparaten Kern an Kern ohne Zwischensubstanz dicht an einander gefügt zu sehen glaubt, wenn nicht dünne Partien das wahre Sachverhältniss zeigten.

Hinsichtlich der Einwirkung verschiedener Reagentien auf die frische Pulpa der Nagethiere ist zu erwähnen, dass bei Anwendung von Wasser die Grundsubstanz heller,

durchscheinender, und gleichartiger wird und das trüb feinkörnige Ansehen mehr und mehr verliert. Dabei werden die Bindesubstanzkörperchen unregelmässiger in ihrer Form, treten jedoch deutlicher hervor und behalten nur die grössern Körnchen. Auch Nerven und Gefässe werden leichter sichtbar. — Bei Zusatz von Essigsäure nimmt der Durchmesser der Kerne etwas ab, doch werden sie ebenfalls deutlicher, indem sie eine gröbere Granulirung bekommen, während die Grundsubstanz gleichartiger wird. Wenn Druck und Essigsäure combinirt wirken, so entstehen nicht selten aus der Grundsubstanz homogene, glänzende Fadennetze, in deren Alveolen die Pulpakerne liegen. Ziemlich gut erhält sich die Pulpa in Glycerin. In Carmin färben sich nur die Kerne deutlich.

Die Zusammensetzung der Zahnpulpa zeigt sich ganz analog bei andern Säugethieren, z. B. beim Igel, beim Schwein, Schaaf, Kalb und auch beim Menschen.

Sternförmige Zellen, wie sie gewöhnlich in der Zahnpulpa beschrieben werden, wurden nirgends in der frischen Zahnpulpa beobachtet: ebensowenig Zellen überhaupt abgesehen von den Dentinzellen und von den die Gefässe und Nerven begleitenden Zügen spindelförmiger Elemente. — Bei längerem Liegen mancher Pulpapräparate in Wasser zeigten sich jedoch die heller glänzenden Kerne je umgeben von einer schmalen, gröber als die übrige Grundsubstanz granulirten und dunkleren Substanzzone, die zugleich einen oder mehrere Ausläufer gegen die benachbarten Kerne, die mit ähnlichen Substanzpartien umgeben waren, hinschickten, welche einander bald erreichten, bald feiner werdend in der übrigen Grundsubstanz sich verloren. Ist diese dunklere

Zone an einer Stelle breiter, so hat sie daselbst oft mehrere Ausläufer. Dieselben beginnen gewöhnlich mit breiter Basis und verschmälern sich allmählich. Sie haben dasselbe dunkle, gröber granulirte Aussehen, wie die, die hellen, kugligen, scharf begrenzten Kerne umgebende Substanzzone, und nur wenige sind mehr gleichartig und etwas blasser.

Einzelne dieser Ausläufer verästeln sich überdies und so zeigen diese Gebilde eine Gestalt, wie sie sternförmigen Bindegewebskörperchen zugeschrieben wird und wie sie Kollmann mehr aus der Oberfläche der Pulpa zeichnet.

Die Zwischensubstanz zwischen diesen zellähnlichen Gebilden war gleichartiger als die in der frischen Zahnpulpa, doch ebenfalls noch mit feinen Körnchen versehen. Aehnliche Bilder entstehen auch beim längern Verweilen der Zahnpulpa in Glycerin. Ob diese zellartigen Körper ursprünglich vorhanden und in der frischen, anscheinend gleichartigen Grundsubstanz bereits vorgebildet sind, oder ob sie erst nachträglich, durch eine Scheidung der frischen homogenen Zwischensubstanz in zweierlei Substanzen, wovon die eine vorzüglich um die Kerne sich ansammelt, entstehen, das ist eine Frage, die man im Hinblick auf die aus ihnen sich entwickelnden deutlichen Zellen in der äussersten Peripherie der Pulpa und im Betracht der Veränderungen, welche die Pulpa bei längerem Verweilen in doppelt chroms. Kali erleidet, sowie in Hinsicht auf das Vorkommen deutlicher Zellen in analog zusammengesetzten Organen, wie z. B. im Nabelstrange, in der Placenta u. s. f. mehr in der erst angedeuteten Weise zu beantworten geneigt sein wird.

In Zahnpulpen nämlich, die längere Zeit mit doppelt chromsaurem Kali behandelt worden sind, sind die rundlichen Körperchen beim Isoliren meist mit einer Zone von granulirter Substanz umgeben, die häufig eine ziemlich scharfe Begrenzung zeigt, häufig aber auch unregelmässig, wie abgerissen aussieht. Bald gehen von ihr schwache Fortsätze aus, bald scheinen sie abgebrochen zu sein. Ausserdem sind auch freie Kerne isolirt worden. Sind mehrere solche Gebilde noch in situ beisammen, so bemerkt man, dass zwischen ihnen noch einige, jetzt gröber granulirte Zwischensubstanz vorhanden ist, oder man sieht bei Betrachtung der Grundsubstanz der Pulpa, dass dieselbe nicht mehr wie im frischen Zustande durchaus gleichartig sich verhält, sondern mit Netzen einer etwas dunklern Substanz, in deren Knotenpunkten sich die Kerne finden, durchzogen ist. Die Kerne glänzen jetzt gegenüber der Grundsubstanz nicht mehr so stark, wie im frischen Gewebe, ihre Granula sind meistens grösser aber weniger zahlreich geworden, andere aber sind ganz fein granulirt geblieben.

Die Pulpa menschlicher Zähne zeigt, so lange der Zahn sich entwickelt und so lange er im Wachsen begriffen ist, ganz den Bau, wie er hier beschrieben ist. Die Pulpa ist blassroth, durchscheinend, weich und biegsam, von schleimiger oder gallertiger Beschaffenheit; doch zeigt sie im erwachsenen Zustande im Innern eine festere Gewebspartie um die grössern Gefässe und Nerven, die sich in ihrer frühsten Jugend nicht so ausgeprägt findet. Deswegen lässt sich die ausgewachsene Pulpa auch nicht mehr so leicht zerquetschen und zerreissen, dafür aber besser schneiden.

In älteren Zähnen, in welchem sich kein Zahnbein mehr

bildet, und die Zahnhöhle sowie die Wurzelkanäle eng geworden sind, ist die Zahnpulpa zwar noch sehr blutreich, aber steifer, härter, weniger biegsam wie knorpelartig geworden. In Wasser oder Glycerin quillt sie jedoch auf und nimmt wieder ein schleimähnliches Aussehen an; während sie sich selbst überlassen sehr schnell vertrocknet und dann ganz spröde wird. Ausserdem finden sich auf ihrer Oberfläche wie im Innern kleine weisse aus Kalksalzen bestehende Körnchen.

Der mikroskopische Bau der menschlichen Zahnpulpa verhält sich der Structur der Nagethierzahnpulpa ganz analog. Es treten ebenfalls bei frischen Pulpen keinerlei zellige Gebilde in ihrem Gewebe auf, sondern es finden sich in der gleichartigen Grundsubstanz allein entweder mehr kuglige oder scheibenförmige gröber granulirte oder etwas kleinere ovale, stäbchen- oder spindelförmige homogene, noch stärker glänzende Körperchen vor. Davon sind die runden granulirten mehr an der Oberfläche, die ovalen homogenen mehr im Innern der Pulpa vorhanden.

Die Zahl der Körperchen nimmt gegen die Oberfläche zu. Essigsäure macht sie deutlicher. Die homogene Grundsubstanz wird gegen die Nähe der zahlreichen grösseren Gefässe und Nerven unregelmässig streifig oder selbst fibrillär.

In älteren Zähnen zeigt sich die Pulpagrundsubstanz von mehr fibrillärem oder streifigem Bau. Die Fasern sind meist breit, stark lichtbrechend, oft mit geringen spindelförmigen Anschwellungen versehen und laufen theils parallel, wie in Bündeln, theils verbinden sie sich unter einander zu längsmaschigen Netzen. Zwischen den Faserbündeln und

ebenso zwischen den Netzen findet sich noch homogene Grundsubstanz spärlich vor. Setzt man Essigsäure zu, so bleiben die Fasern fast gleich deutlich, die homogene Grundsubstanz quillt jedoch auf und dadurch wird das Netzwerk von Fasern um so leichter erkennbar. Das ganze Gewebe sieht ähnlich aus, wie die Intima der grossen Arterien. Ausserdem bemerkt man nur spärliche ovale oder spindelförmige langhingestreckte und zum Theil unter einander zusammenhängende Körperchen, die in der Peripherie der Pulpa den gewöhnlichen rundlichen Körperchen Platz machen. — In der Grundsubstanz solcher Pulpen finden sich ferner verschieden geformte Kalkablagerungen, bald oberflächlich aufgelagert bald innerlich eingelagert vor. Sie treten entweder als kleine ovale oder seltener kuglige oder spindelförmige Körner auf, etwa von der Grösse der Pulpakerne, oder sie finden sich als ebenso gestaltete aber grössere Anhäufungen. Meist sind sie langgestreckt ovalförmig und wie aus untereinander verschmolzenen Kugeln bestehend, so dass ihr Contour gebuchtet, wie mit grösseren oder kleineren Körnern besetzt erscheint. Namentlich ist dies an den mittelgrossen Kalkablagerungen deutlich ersichtlich. In den rundlichen Massen ist ferner nicht selten eine doppelte Schichtung bemerkbar. Noch merkwürdigere Bildungen beschreibt Hohl[1]).

Eine dem Bau älterer Zahnpulpen analoge Beschaffenheit findet sich auch an der Pulpa solcher Milchzähne, die an ihrer Wurzel bereits grössere oder geringere Grade von Resorption zeigen, die von dem Zahnsäckchen des nach-

1) De novis pulpae dentis formationibus. Halle 1868.

rückenden bleibenden Zahnes hervorgerufen wird. Auch hier ist die Pulpa steif und spröde geworden und in der undeutlich fasrigen oder gestreiften Grundsubstanz finden sich hin und wieder Kalkablagerungen.

Es besteht mithin die frische jugendliche Zahnpulpa aus einer schleimigen Grundsubstanz und rundlichen oder ovalen Körperchen, welche den Kernen der sternförmigen Pulpazellen entsprechen, welche von den verschiedenen Autoren als Bestandtheile der Pulpa beschrieben werden. Durch verschiedene Reagentien, besonders durch Anwendung von doppelt chromsauren Kalilösungen kann man jedoch um die Kerne verschieden gestaltete Protoplasmapartien aus der übrigen Grundsubstanz sich abheben sehen, so dass man dann von Pulpazellen zu sprechen vermag. Für die Sternform der Pulpazellen treten Waldeyer[1]), Hertz[2]) und Kollmann[3]) ein und Hertz und Waldeyer nehmen ausserdem noch das Anastomosiren der Zellen unter einander an.

Ferner glaubt man gewöhnlich, dass viele Pulpakörperchen Theilungsvorgänge zeigen. Mir sind dieselben jedoch in unbezweifelbarer Weise nur sehr selten vorgekommen, wenn auch in sehr jungen thierischen Pulpen öfter biscuitförmige oder zwei oder drei dicht beieinander liegende Kerne zu bemerken waren und ebenso in jüngeren menschlichen Pulpen biscuitförmige oder zu zwei an einander hängende Körperchen sich zeigten, und mithin als in der Theilung begriffen sich erwiesen. Gewiss aber können hier

1) l. c. pag. 176.
2) l. c. pag. 312.
3) l. c. pag. 213.

sehr leicht dicht über oder unter einem Körperchen liegende und dasselbe theilweise deckende Körperchen den Anschein einer Theilung erzeugen. Auch Conheim¹) bemerkt neuerdings in seinem bekannten Aufsatze über Entzündung und Eiterung, dass nach seiner Ueberzeugung Theilungsvorgänge an den Hornhautkörperchen noch von Niemand beobachtet, sondern nur geschlossen sein dürften, so bestimmt dieselben auch behauptet worden sind. Sicher liegen die Körperchen in der ausgewachsenen Zahnpulpa nicht mehr so dicht und sind auch nicht mehr so zahlreich vorhanden, als in der wachsenden Zahnpapille, so dass man nach ungefährer Schätzung mindestens keine Zunahme, mit grösster Wahrscheinlichkeit aber eine Abnahme und einen Verbrauch dieser Elemente bei der Funktion des Zahnkeims, d. i. bei der Erzeugung des Zahnbeins annehmen kann.

Die ganze Oberfläche der eben beschriebenen Zahnpulpa überzieht kuppelförmig gegen das Zahnbein hin eine im Bau mehrfach von ihr abweichende Schicht, die gewöhnlich am Zahnbein hängen bleibt, und die als Membrana eboris, Zahnbeinhaut, von Kollmann²) bezeichnet wird. Diese oberflächliche Pulpalage, welche ohne Grenze in die übrige Pulpa übergeht, ist mit ungemein zahlreichen Pulpakörperchen ausgestattet, zwischen denen die Grundsubstanz mehr und mehr zurück tritt, und besitzt als äusserste oberflächlichste Lage eine Reihe, seltner anscheinend zwei Reihen von ungefähr cylindrisch gestalteten deutlich ausgeprägten Zellen, die sogenannten Dentinzellen, Elfenbeinzellen, Zahnbeinzellen, Odontoplasten. Die Lage

1) Virchow's Archiv 40. Bd.: Ueber Entzündung und Eiterung.
2) l. c. pag. 214.

der Dentinzellen ist von Kölliker[1]) Membrana eboris genannt worden.

Diese Zellen sind, seit Schwann dieselben entdeckte, mehrfach beschrieben worden. Nach Waldeyer sind sie frisch ohne Membran, an Chromsäurepräparaten aber mitunter von einer Art körniger Aussenschicht umgeben. Ihm stimmen Boll und Kollmann bei. Hertz dagegen behauptet, dass wenigstens die oberflächlichst gelegenen Zellen, welche mit längern gegen den Schmelz oder Cement hin gerichteten Fortsätzen versehen sind, scharfe Begrenzungen zeigen, während die weiter nach innen gelegenen Zellen nur einen gleichmässig körnigen Protoplasmahaufen mit deutlichem Zellkern darstellen. Auch spricht er an mehreren Orten[2]) geradezu von der „Membran der Dentinzellen". Hinsichtlich der von diesen Zellen ausgehenden Fortsätze hat Waldeyer ausser den bereits von Schwann am Schweinezahn gesehenen Dentinfortsätzen, welche gegen Cement oder Schmelz hinstrebend in das Zahnbein hereingehen, solche zu je einem am Pulpaende der Zellen bemerkt, und diesen als Pulpafortsatz bezeichnet und ausserdem seitliche, welche das zackige Aussehen der Zellen bedingen.

Boll bestätigt diese Fortsätze, die er Protoplasmacommissuren nennt, an den Seiten und am centralen Ende der Zellen, an welch' letzterem er auch bisweilen zwei sah, welche sich in einzelnen Fällen mit darunter liegenden Pulpazellen verbanden. Hertz dagegen hat für gewöhnlich den Pulpafortsatz und die seitlichen Ausläufer nicht gefunden

1) Handbuch der Gewebelehre pag. 375.
2) z. B. pag. 316. l. cit.

und lässt daher die einfach cylindrischen nach der Peripherie hin zugespitzten Dentinzellen gerade abgeschnitten oder leicht abgerundet nach der Pulpa hin aufhören.[1])

Etwas später glaubt er jedoch, bei einer mehr schematischen oder summarischen Schilderung des Verzahnungsprocesses[2]), dass die Dentinzellen mit der Zeit Pulpafortsätze treiben, um sich mit den Dentinfortsätzen der nächsten nach der Pulpa hin gelegenen Zellreihe zu verbinden. Kollmann erklärte die seitlichen Fortsätze, die Boll überdies nur an jugendlichen Zellen gesehen hat, für Anhängsel anderer in der Nähe liegender Gebilde und nimmt blos peripherische und centrale Fortsätze an, wovon die letzteren die Verbindung mit den tiefer liegenden Zellen der Pulpa herstellen. Desgleichen leugnet die seitlichen und centralen Fortsätze Mühlreiter.[3]) Ebenso verschieden lauten die Angaben der Autoren über die Gestalt der Zellen. Während Waldeyer die Dentinzellen als unregelmässig prismatische zackige Körper bezeichnet, deren Pulpaende gewöhnlich dicker ist, oder ihnen eine mehr rundliche Form zuspricht, fand Hertz die reine Cylinderform als die gewöhnliche vor, doch hat er auch rundliche mehr embryonale, membranlose Formen gesehen.[4]) Nach Boll haben die Dentinzellen alle möglichen Formen, jedoch in einer Weise, dass im Allgemeinen der Längsdurchmesser den Breitendurchmesser derselben etwa um das Doppelt überwiegt.

---

1) l. c. pag. 312.

2) l. c. pag. 315.

3) Beitrag zur Kenntniss der Anordnung der Dentinzellen. Deutsche Vierteljahrschrift für Zahnheilkunde. 1868. pag. 168.

4) l. cit. pag. 317.

Es findet sich meist die unregelmässig prismatische Form, sowie die spindel-, ei- und birnförmige Gestalt vertreten, aber in entwickelten Zähnen überwiegt an den Zellen der Längsdurchmesser bedeutend. Kollmann dagegen hat an ihnen sowohl während der Zahnbildung als während der spätern Stadien ihres Lebens nur die Spindelform beobachtet, während Mühlreiter allein die Keulenform kennt.

Nach meinen Erfahrungen stimme ich in der Beschreibung der Dentinzellen Waldeyer und Boll im Wesentlichen bei und bemerke zunächst hinsichtlich der Form derselben, dass allerdings, wie Boll richtig angiebt, hierin eine grosse Mannichfaltigkeit herrscht. Diese Verschiedenheit der Gestaltung richtet sich zum Theil nach dem Alter der Zellen, zum Theil nach der Thierspecies. So hat z. B. im Durchschnitt das Kalb kürzere Dentinzellen als der junge Igel, und dieser wieder kürzere als das Kaninchen und die Nagethiere überhaupt. Auch die menschlichen Dentinzellen sind weniger langgestreckt als die bei den zuletzt erwähnten Geschöpfen. Ebenso sind jugendliche Dentinzellen, welche da liegen, wo eben die erste Zahnbeingrundsubstanz ausgeschieden wird oder werden soll, wie z. B. die am untern Rande des ersten Zahnscherbchens liegenden, oder die am Grunde der Nagethierzähne befindlichen, von fast kugliger Form. Die älteren Formen sind immer mehr langgestreckt, faserartig. — Im Allgemeinen ist aber, wenn wir von diesen mehr jugendlichen Formen absehen, die Gestalt der Dentinzellen eine walzen- oder cylinderförmige, allerdings mit mehrfachen Abweichungen, die meist zur Spindel- oder Sanduhrform hinneigen. Ausserdem giebt es wiederum zwischen der kugelähnlichen

jugendlichen bis zur cylindrischen Form viele Zwischenstufen, wie die Birn-, Keil-, Kegel- und Keulenform, welche wohl hauptsächlich von den örtlichen Verhältnissen, unter denen die betreffenden Zellen stehen oder von der Zahl der Zellfortsätze abhängen. Im natürlichen Querschnitt sind sie meist rundlich polygonal mit abgerundeten Winkeln. Das gegen die Pulpa hingekehrte Ende ist gewöhnlich bauchig aufgetrieben, um den Kern aufzunehmen, doch kann auch das entgegengesetzte, gegen das Zahnbein hin sehende Ende breiter sein, und zwar gewöhnlieh dann, wenn mehrere Zahnbeinfortsätze vorhanden sind. Endlich können Zellen mit 3 und 4 Fortsätzen dem Zahnbein parallel mehr ausgedehnt sein, als in dem Durchmesser, welcher senkrecht auf dasselbe gestellt ist.

Eine Membran habe ich an den frischen Dentinzellen niemals finden können, wohl aber tritt eine schärfere Begrenzung der Zellen an Präparaten hervor, die in Alkohol, doppelt chromsaurer Kalilösung, oder in Chromsäure- und Salzsäuremischungen gelegen haben, ja schon an mit Essigsäure behandelten Zellen. Auch ist nicht selten am Pulpaende der Dentinzellen in der Gegend des Kerns bis etwas oberhalb desselben gegen das Zahnbein hin der Contour etwas deutlicher als gegen das Zahnbeinende hin.

Das Protoplasma der Dentinzellen ist gewöhnlich dunkler und bald ebenso fein bald gröber granulirt als die Grundsubstanz zwischen den Pulpakörperchen und die gröberen Granula stehen in ihm weniger dicht beisammen als in der Pulpagrundsubstanz. Ferner verhält sich das Zellprotoplasma nicht überall gleich in der ganzen Dentinzelle und seine Anordnung ist auch nicht in einer Zelle so wie in der andern. Meist befinden sich die gröberen Granula in dem Zelltheile

gegen das Zahnbein, sowie an den Rändern, wodurch die Schärfe der Begrenzung dieser Theile mit beeinträchtigt wird. Aus dem Zellkörper gehen weiter nach den verschiedensten Richtungen hin in verschiedener Anzahl Fortsätze ab, die sämmtlich eine Strecke weit den Charakter des Protoplasma's bewahren. Es stellen mithin die Dentinzellen ungefähr walzenförmige, ungemein zart begrenzte und frisch nur undeutlich von einander geschiedene granulirte Protoplasmapartien dar, welche gewöhnlich an ihrem gegen die Pulpa hin gekehrten etwas angeschwollenen Ende einen helleren Kern tragen, an welchen häufig kein Kernkörperchen aufzufinden ist.

Der Kern der Dentinzellen ist gewöhnlich einfach vorhanden, deutlich begrenzt und meist mit gröberen Körnchen versehen, als der Zellkörper. Doch kommen auch sehr fein granulirte Kerne vor. Er ist gewöhnlich kuglig rund oder oval und liegt in den länglichen Zellen gegen das Pulpaende hin meist in einer bauchigen Anschwellung, oder er befindet sich in spindelförmigen Zellen an derselben Stelle oder mehr in der Mitte der Spindel. Bisweilen scheint er auch zu fehlen. Er ist an breiteren Zellen rings von Protoplasma deutlich umgeben, an schmäleren langgestreckten dagegen so breit als die Zelle und dann seitlich nur von einem ganz feinen Saume Zellsubstanz begrenzt, welcher in das kleine kegelförmige, dicht granulirte Pulpaende der Zelle übergeht. Bisweilen hängt auch das den Kern tragende Ende mit dem Zahnbeinende der Zelle blos wie durch einen Stiel zusammen (Sanduhrform). Der Kern ist entweder durchweg gleich scharf begrenzt, oder gegen die Seiten hin schärfer als gegen Dentin- und Pulpaende hin; oder er ist ohne deutlichen Contour nur

als runder Haufen gröberer und dichter Granula im übrigen Protoplasma bemerkbar. Hin und wieder sind auch im Zahnbeinende der Dentinzellen runde, grob granulirte Scheiben ohne Contour bemerkbar, welche wahrscheinlich untergehende im Zerfall begriffene Kerne darstellen.

Ein oder einige Kernkörperchen sind manchmal auch in frisch untersuchten Präparaten oder in solchen, die mit doppelt chromsaurem Kali behandelt worden sind, in den Kernen der Dentinzellen zu finden. Häufiger ist jedoch kein derartiges Gebilde zu erkennen. Dagegen bringt Essigsäure dasselbe in vielen Kernen zum Vorschein. Die Körperchen aber, welche beim längeren Verweilen der Zellen in Chromsäure und Salzsäure oder in Salzsäure in den Kernen erscheinen, sind von sehr verschiedener Natur und Aussehen und sicher nicht alle als Kernkörperchen zu bezeichnen, sondern der Einwirkung der Reagentien zuzuschreiben, wofür sich auch Waldeyer erklärt.

Die Fortsätze der Dentinzellen scheiden sich in Pulpafortsätze, seitliche und Dentinfortsätze.

Die Pulpafortsätze, gewöhnlich zu einem oder selten in der Zweizahl vorhanden, sind an den meisten Dentinzellen bald direct zu bemerken, bald aus dem sich zuspitzenden aber plötzlich quer abgeschnittenen Ende der Dentinzellen zu erschliessen. Sie sind sehr zart, jedoch gewöhnlich stärker als die seitlichen, aber dünner als die Dentinfortsätze und verschmälern sich gegen die Pulpa hin noch mehr. An ihrem Anfange sind sie granulirt, ohne Membran, im weiteren Verlaufe jedoch ganz homogen oder spärlicher und feiner granulirt. Sie dienen zur Verbindung mit den nächstanliegenden Pulpazellen, wie ich dies in einigen Fällen beim Isoliren sah.

Ferner sind sie an Zellen, die einander nähergerückt sind, stärker geworden und nehmen sich unter Umständen wie ein sanduhrförmiges Zwischenstück zwischen zwei Zellen aus. — An den ganz jugendlichen kugligen Dentinzellen habe ich sie nicht finden können.

Die seitlichen Fortsätze oder Protoplasmacommissuren von Boll sind meist ungemein zart und leicht abreissbar und häufig in grösserer Anzahl zu 2—4 oder mehr an den Zellen zu finden. Sie sind fast ganz homogen und nur spärlich mit feinen Körnchen versehen. Bisweilen sind sie auch breiter und dann bilden sie mit denen der benachbarten Zellen ein homogenes Strickwerk, wie es obwohl selten zwischen auseinander gezogenen Zellen zu bemerken war. In Wirklichkeit sind sie dicht an den Zellkörper angedrückt, da man nichts von ihnen sieht, wenn man die Zellen in situ vor sich hat. Dieselben waren an mehr rundlichen ebenso wie an ausgewachsenen sehr schlanken Formen, im Widerspruche mit Boll's Wahrnehmungen, am Grunde wie an der Spitze der Zahnpulpa und leichter an mit Carmin tingirten als an frischen Zellen zu beobachten, weil sie sich ebenso stark wie der Zellkörper färben. Sie gehen aus den verschiedensten Stellen des Seitenrandes der Dentinzellen ab, sind aber, wohl wegen ihrer Zartheit, an den meisten Zellen nicht auffindbar.

Die Dentinfortsätze sind an allen Dentinzellen vorhanden, auch an den jugendlichen kugligen Formen, die deswegen eigentlich birnförmig sind, weil sich an ihnen das Dentinende der ganzen Zelle gewöhnlich zu nur einem Dentinfortsatze zuspitzt. Sie kommen in der Einzahl aber auch zu 3—4 an einer Zelle vor, doch ist die letztere Zahl selten. Bei

den Nagethieren mit schlanken, faserartigen Zellen, wie besonders beim Meerschweinchen, findet sich meist nur ein Dentinfortsatz vor, doch sind auch zwei nicht selten; häufiger aber sind 2, ja selbst 3—4 Fortsätze an den kürzeren, breiteren Zellen, wie sie das Kalb besitzt, vorhanden, obwohl auch hier die Mehrzahl blos 1 aufzuweisen hat. Ist blos ein Dentinfortsatz an der Zelle vorhanden, so spitzt sich gewöhnlich die Form des Zellkörpers so zu, dass der Dentinfortsatz gleichsam die verjüngte Fortsetzung der ganzen Zelle darstellt, sobald derselbe aus der Mitte des Zellkörpers hervorgeht. Entsteht der Fortsatz mehr von der einen Seite der Zelle her, so setzt sich der Contour des Zellkörpers gleichfalls ohne Unterbrechung oder Aenderung im optischen Verhalten in den Contour des Fortsatzes fort, nur bisweilen sieht es aus, als ob der Contour des Fortsatzes, der in solchem Falle von der Dentinseite der Dentinzelle entsteht, nicht so scharf wäre, als die von der Seitenfläche sich auf den Fortsatz erstreckende Begrenzungslinie. Wenn zwei Fortsätze aus den Dentinzellen hervortreten, so geschicht es gewöhnlich an beiden Ecken, welche die dem Dentin zugekehrte Fläche mit den seitlichen Zellbegrenzungen bildet. Sind drei Fortsätze vorhanden, so befinden sich zwei davon an denselben Stellen und der dritte in der Mitte der Dentinseite und bei 4 Fortsätzen liegen 2 zwischen den beiden Eckfortsätzen. An vielen Dentinfortsätzen kann man ferner die Basis von dem eigentlichen Fortsatze unterscheiden. Die Basis ist das sich allmählich verschmälernde Stück der Zelle, welches bald deutlich feiner oder gröber granulirt, bald beinahe homogen und ebenso wie die Zelle begrenzt erscheint, während der eigentliche Fortsatz entweder stärker lichtbrechend, etwas

glänzend und schärfer contourirt oder ganz mattglasartig und schwer sichtbar sich erweist. Auch ist der eigentliche Fortsatz gewöhnlich ganz gleichartig, oder doch nur sehr spärlich mit einzelnen sehr feinen Granula versehen. Endlich kommen dichotomische Theilungen bald näher bald entfernter von den Dentinzellen an den Fortsätzen vor, sowie kleine seitliche Anhänge.

Die ausgebildeten Dentinzellen liegen dicht neben einander, in einfacher Reihe, ganz nach Art eines Epithels, ohne nachweisbare Zwischensubstanz zwischen sich, obwohl Hertz und Mühlreiter eine solche annehmen und daraus die Zahnbeingrundsubstanz ableiten. Sie decken die Pulpa allseitig gegen das Zahnbein hin, indem sie, pallisadenartig hart an einander gestellt, keinerlei Lücken zwischen sich lassen, und selbst, wenn sie unregelmässig geformt sind, durch entsprechende gegenseitige Gestaltung die Ungleichheiten regeln. Dies Verhalten lehren sowohl gelungene Querschnitte und noch besser Flächenansichten, wie sie nicht selten an den Schneidezähnen der Nager sich gewinnen liessen (Fig. 2, 3, 4, 6).

Zwischen die Pulpaenden dieser Zellen aber schieben sich häufig spindelförmige, jüngere Zellen ein Stück weit ein oder es liegen solche in einer unregelmässigen einfachen oder doppelten Reihe hinter ihnen, die nachweisbar hie und da mit ihnen durch Ausläufer in Verbindung stehen. Isolirt zeigen diese tiefer liegenden Zellen eine spindelförmige, oder annähernd kuglige Gestalt und sind mit einigen Ausläufern versehen. Nach Mühlreiter sollen sie nie mit den ausgebildeten Dentinzellen zusammenhängen, da beim Abheben der Pulpa vom Zahnbein blos letztere allein am Zahn haften

bleiben, was jedoch keineswegs immer der Fall ist. Vielmehr bleiben nicht blos diese jüngeren Zellen nebst den Dentinzellen häufig am Zahnbein hängen, sondern selbst gewöhnliches Pulpagewebe. Daraus folgt auch, dass man die Grenze der Membrana eboris, die Kölliker und Kollmann in verschiedener Weise ziehen, immer nur willkührlich zwischen eigentlicher Pulpa und Dentinzellenzone feststellen wird.

Eine Membrana praeformativa, die Raschkow einführte, ist an der Pulpa von Nagethieren nirgends nachweisbar und ich halte mit Waldeyer und Hertz dafür, dass die homogene äusserst dünne Schicht, welche an der äussersten Peripherie der Pulpa von Embryonen liegt, die noch kein Zahnbein gebildet hat und keine Dentinzellen besitzt, nichts anderes darstellt als die zwischen den Kernen der Pulpa befindliche Grundsubstanz. Denn sie ist von der Grundsubstanz in keiner Weise verschieden und bedeckt auf feinen Schnitten die Kerne der Zahnpulpa häufig nur mit einer äusserst dünnen Lage und hängt zwischen den Kernen ohne jegliche Grenze mit der Grundsubstanz des Zahnkeims zusammen. Zu isoliren und für sich darzustellen war sie nie, wie es bei Basalmembranen möglich ist. Wenn sie auch hie und da in feinen Stäbchen von der Pulpa abblätterte, so lag dies in der Härtung des Präparates mit doppelt chromsaurem Kali und in der Unterbrechung der Continuität dieser Zone mit der Pulpagrundsubstanz durch die Pulpakerne. Zwischen den entwickelten Elfenbeinzellen und dem Dentin aber liegt keine Membran, man müsste denn die jüngst gebildete noch nicht verkalkte Dentinlage als solche annehmen wollen, die Raschkow wahrscheinlich auch damit gemeint hat. Nach

Kollmann ist die Membrana praeformativa der Jugendzustand des Schmelzoberhäutchens und gehört den Schmelzzellen an. —

Das Product der Pulpa und in specie der Dentinzellen ist das Zahnbein und wir wenden uns jetzt zur Betrachtung desselben, indem wir seine jüngsten Stadien, wie sie uns am Grunde der Nagethierschneidezähne besonders bei jüngeren Thieren entgegentreten, der mikroskopischen Beobachtung unterwerfen.

Dieses junge, durchscheinende, noch unverkalte Zahnbein bildet von der innern Fläche aus betrachtet bei jüngeren Kaninchen und Meerschweinchen eine homogene, hellglänzende, netzförmig durchbrochene Platte (vgl. Fig. 1), die gewöhnlich nach unten mit einem scharfen Saume aufhört oder dieser Rand ist in seiner untern Grenze unregelmässig und nicht genau zu bestimmen. Das Netzwerk dieser Platte zeigt längliche Maschen, die von schmäleren oder breiteren, unregelmässig aber scharf begrenzten platten oder halbcylindrischen Fäden begrenzt werden. Die Fäden oder Stränge liegen einander im Wesentlichen parallel und zwar deutlicher beim Kaninchen als beim Meerschweinchen und laufen der Längsachse des Zahnes entsprechend. Sie schicken einander kurze jederseits bogenförmig ausgeschnittene Anastomosen zu, durch welche die Maschen entstehen. Die Anastomosen sind an der äusseren Oberfläche, gegen den Schmelz hin und an ihrem Abgange von den Längsfäden breiter und überdies finden sich gegen die Aussenfläche des Zahnbeins noch ganz feine Anastomosen, die in der Tiefe der Maschen zum Vorschein kommen und sie daselbst in kleinere Buchten oder Löcher abtheilen. Da wo ein Längsfaden breit ist,

z. B. da, wo nach beiden Seiten hin von ihm Anastomosen abgehen, bohrt durch ihn öfter auch schon ein feines Loch. Die Maschen liegen, wenn auch annähernd in Längsreihen, doch im Ganzen unregelmässig angeordnet und stellen Gruben in der jungen Zahnbeinplatte dar, die an der Innenseite gegen die Pulpa hin einen weiten Eingang besitzen und sich nach aussen hin trichterförmig verengen. Sie haben mithin eine ellipsoidische Form, deren Längsaxe der Längsaxe des Zahnes parallel liegt, und sind in vielen Fällen in ihrer Tiefe durch die feinen Querverbindungen und Vorsprünge in mehrere kleinere Abtheilungen gebracht, welche vielleicht getheilten Dentinfortsätzen oder mehreren aus einer Zelle sprossenden Fortsätzen entsprechen (vgl. Fig. 1 und 5). In diesen Maschen liegen die rundlichen Dentinzellen mit ihrem Dentinende mehr oder weniger weit darin und die Längs- und Querfäden sind die erste, noch unverkalkte Dentingrundsubstanz.

Weiter aufwärts werden die Längsfäden dicker, die Anastomosen mehr quer, kürzer und häufiger, so dass sie nur kleinere Lücken oder Löcher in nahezu regelmässigen Längsreihen (vgl. Fig. 2 und 3) von einander scheiden. Oder die früheren Maschen oder elliptischen Gruben sind jetzt zu schlitzförmigen Spalten geworden, die nicht selten durch feine Querfäden in einige Unterabtheilungen zerfallen. Hierauf folgt nun die Zone der Imprägnation der Kalksalze in die Grundsubstanz, die eine verschiedene Breite haben kann. Jedoch bleibt nach innen von dieser verzahnenden Schicht eine ein ungefähr rhombisches oder polygonales, aber viel kleineres Maschenwerk bildende unverkalkte Lage von Zahnbeingrundsubstanz immer bestehen, welche das nächste Product der

Dentinzellen ist. Die gleiche, polygonale Maschen zeigende, ganz homogene, helle unverkalkte Schicht von Zahnbeingrundsubstanz kommt bei allen sich bildenden oder noch wachsenden Zähnen als innerste Zahnbeinschicht vor und ist vom Menschen von Mühlreiter abgebildet worden.

Ausser diesem Maschenwerke kommen aber auch noch andere Configurationen bei der Bildung der jüngsten Zahnbeinschicht vor. So finden sich beim Meerschweinchen nicht selten anscheinend ganz homogene Platten, auf denen jedoch meist eine schwer sichtbare Streifung auftritt, die aus sehr schmalen Fäden besteht, und die kleinere aber zahlreichere Gruben als die beim Kaninchen umschliesst. Ferner tritt weiter aufwärts, wo die Fäden oder die Züge von Grundsubstanz breiter werden, weniger ein polygonales Maschenwerk als vielmehr ein ganz langgestrecktes Netz- oder Schlitzwerk mit parallel neben einander liegenden Strängen von Grundsubstanz auf, die zwischen sich in schmalen Spalten die Eingänge für die Zahnkanälchen tragen. (Vgl. Fig. 7.)

Am schönsten ist diese streifige Anordnung an der unverzahnten Grundsubstanz des Eichhörnchenschneidezahnes ausgeprägt (vgl. Fig. 4). Hier stellt dieselbe abgeplattete, oder halbcylindrische, convex gegen die Zahnpulpa gekrümmte Bänder oder Säulen dar, welche lange Spalten zwischen sich frei lassen, in denen die senkrecht zu ihnen gestellten Dentinzellen mit ihren Dentinfortsätzen stecken. In der Tiefe der Spalten sind hie und da dünne, die Bänder verbindende und die Spalten daselbst in 2 oder 3 kleine nebeneinander liegende Löcher abtheilende Querfäden zu erblicken. Diese Löcher sind für die einzelnen Dentinfortsätze bestimmt.

Weiter aufwärts sind die seitlich glatt begrenzten Bänder oder Streifen häufig wie eingekerbt und noch höher oben verschmelzen die Bänder vollständig mit einander, wobei die langen, vorher schon enger gewordenen Spalten völlig schwinden und es bleiben von ihnen nur die Löcher für die Dentinfortsätze in regelmässige Reihen gestellt übrig.

Endlich bemerkt man, obwohl selten (vgl. Fig. 5 und 7) an diesen Grundsubstanzsträngen eigenthümliche, zapfen- oder kegelförmige, kürzere oder längere, deutlich contourirte Gebilde, welche gegen die Pulpa hin vorragten. —

Weder am Kaninchen- oder Meerschweinchen-, noch am Eichhörnchenzahne treten die oben beschriebenen Bilder an der hintern Fläche der Schneidezähne auf. Hier ist vielmehr eine fast homogene, feinkörnige Grundsubstanzplatte vorhanden, die ein derartiges Maschenwerk gar nicht oder nur undeutlich erkennen lässt. Ueberdies lagern sich hier auch sehr zeitig die Kalksalze in Form feiner Körnchen, die ziemlich gleichmässig über das Ganze vertheilt sind und nach oben hin wachsen, in die Grundsubstanz ab.

In Zähnen von älteren Thieren ist der untere Zahnbeinrand erheblich dicker. Deswegen lassen sich in dem auch hier vorhandenen homogenen Netzwerk von Zahnbeingrundsubstanz die Einzelheiten nicht so deutlich erkennen. Ueberdies ist die genannte Zone viel niedriger, da sich sehr bald die Imprägnation ihrer Substanz mit kleinern und grössern Kalkkörnchen und Kugeln einstellt und die feinere Einsicht stört. Endlich sind die ganz am untern Saume der Zone vorhandenen Maschen viel enger und von den aufwärts

folgenden nicht erheblich verschieden, und die Grundsubstanz ist fast ebenso reichlich wie weiter oben vorhanden, so dass das Bild ziemlich dem gleicht, welches man von den Zähnen anderer Thiere während der Entstehung und während des Wachsens an den betreffenden Stellen findet.

Die Imprägnation der Kalksalze in die weiche homogene Grundsubstanz vermag man ebenfalls an diesen Präparaten in ihren Einzelheiten zu verfolgen. Sie geschieht in folgender Weise. (Vgl. Fig. 1 u. 5.)

Da wo die Zahnbeingrundsubstanz eine homogene Platte mit unregelmässig vertheilten, grossen Gruben für die Zahnbeinzellen bildet, sind gewöhnlich keine Kalkkörnchen in dem Gewebe zu finden. Dagegen treten sie als ganz feine dunkle mehr oder weniger zahlreiche Punkte da auf, wo die strangförmige Anordnung der Grundsubstanz deutlich ausgeprägt ist, oder wo diese schon engere Oeffnungen umschliesst. Sie werden weiter aufwärts grösser; in der Mitte hell, ringsum aber dunkel contourirt. Sie liegen etwas unter der Oberfläche und im Ganzen mehr an den Rändern und in der Umgebung der Löcher als in der Mitte der Grundsubstanzzüge. Wenigstens trat dies Verhalten beim Kaninchen in der Art hervor, aber nicht beim Meerschweinchen, bei welchen eine ganz gleichmässige Vertheilung derselben allein bemerkt wurde. Durch diese Einlagerung von Körnchen bekommen die Züge von Grundsubstanz etwas Unregelmässiges in ihrer Begrenzung gegen die Löcher hin. Weiter aufwärts liegen die grösseren Kalkkörnchen mehr gegen den Rand der Stränge und um die Löcher hin, während die kleinern die Mitte der Balken einnehmen. Im nächsten Stadium fliessen die dicht an einander grenzenden Kalkkörner zu förmlichen Kalk-

strängen zusammen, die ganz aus stark lichtbrechenden, in der Mitte hellen, ringsum dunkel contourirten, unregelmässigen, im Allgemeinen aber kugligen Körpern von der halben und weiter aufwärts von der ganzen Breite der Grundsubstanzzüge bestehen, zwischen denen die bedeutend verkleinerten Löcher meist in Längsreihen liegen. Wieder weiter aufwärts finden sich einzelne noch grössere Kalkkugeln ein, die bald nur in einem Balken liegen oder zwei je zur Hälfte oder ganz bedecken und wegen ihrer grössern Convexität und ihres starken Glanzes sofort in die Augen fallen. Sie sind meist körnig und bestehen aus zusammengeflossenen Körnern. An einzelnen Präparaten verliefen die Zahnkanälchen an der Seite dieser Kalkkugeln und schienen durch deren Einlagerung hin und her gebogen zu werden. Doch durchbrechen sie auch nicht selten solche Kugeln, die mehr als einen Strang einnehmen. Sie sind bedeutend verengert, und, während ihre Eingänge und Anfangsstücke in der weichen unverkalkten Grundsubstanz noch ziemlich reihenweise liegen, liegen sie tiefer im Gewebe unregelmässiger vertheilt und häufig aus der graden Richtung verschoben. — Die grössern, einen Strang überragenden Kalkkugeln nehmen aber immer mehr überhand, so dass die strangförmige Anordnung der Grundsubstanz hier verloren geht, doch bleibt sie oberflächlich, wenn auch nicht immer deutlich sichtbar, fortbestehen. Es liegen jetzt eine Strecke weit grosse, zwei Stränge oder mehr völlig ausfüllende Kalkkugeln vereinzelt zwischen kleinern unregelmässig angeordneten. Aber auch sie werden häufiger, stehen nicht mehr so weit auseinander und fliessen endlich unter einander zusammen und erzeugen so ganz unregelmässige Gebilde mit einem grossen polygonalen Mitteltheil.

der von vielen grösseren und kleineren Kugeln besetzt ist. Dieses letztere Zusammenfliessen geschieht meist in mehr querer Richtung, so dass die Längsansicht einer solchen Fläche von querziehenden, wolkenförmigen, kuglig vorgebuchteten Linien und Contouren durchkreuzt wird. Bleibt die Kalkablagerung irgendwo auf diesem Stadium stehen, dann werden wir ein Zahnbein mit Interglobularräumen erhalten. Gewöhnlich aber werden auch diese letzten, unregelmässigen, zahnknorpeligen Zwischenräume mit Kalksalzen gefüllt und so die Verzahnung, wie *Hannover* den ganzen Process genannt hat, vollständig vollführt. Solche Platten mit unregelmässig kugelförmigen Kalkablagerungen zeigen Fig. 9 u. 10.

Die Einlagerung der Kalksalze geschieht aber bei den meisten Thieren nicht mit so vielen Zwischenstufen, wie hier vom Kaninchen angegeben sind. Schon beim Meerschweinchen und noch mehr beim Igel, Kalbe, Schaafe etc. treten die Kalkkrümel mehr gleichmässig überall hin vertheilt auf und die grössern Kalkkugeln finden sich zeitiger ein. Die Kalkkörnchen sind anfänglich zwar ebenso fein, wie beschrieben ist, aber die darauf folgenden Kugeln sind wenig oberhalb dem Rande schon breiter als die Züge der weichen Grundsubstanz.

Ausser diesen Flächenbildern der jüngsten Zahnbeinschicht wollen wir noch Querschnitte derselben betrachten, wie dies hauptsächlich bei Behandlung der vorliegenden Frage von den meisten Autoren geschehen ist. Fig. 6 giebt einen solchen Durchschnitt, der durch einen frischen Eichhörnchenzahn gemacht worden ist, während Fig. 8 einen Schnitt darstellt, welcher von einem, längere Zeit in Chrom-

säure und in Salzsäure gelegenen Kalbszahne gewonnen wurde. Man erkennt im Dentin beider Figuren deutlich zwei Zonen, wovon die eine die Zahnbeingrundsubstanz noch ohne Kalkablagerung zeigt, indess die andere nach aussen gelegene mit Kalksalzen imprägnirt und durch ein anderes Lichtbrechungsvermögen, das auch nach der Behandlung mit Säuren fortbestehen bleibt, von der ersteren unterscheidbar ist. Beide Zonen haben eine zackige, selten eine mehr ebene Begrenzungslinie und in der Regel verlaufen die Zahnkanälchen zwischen den Zacken. Die Umgebung der Zahnkanälchen ist in der letzten Figur stärker granulirt, in der ersteren nicht. Nicht immer ist die unverkalkte Dentinlage so breit, wie in den beiden Figuren. Auch Waldeyer und Hertz zeichnen sie, aber sehr schmal. Auf das Verhalten dieser Zone zu Dentinzellen gründet sich die ganze Lehre der Zahnbeingenese.

Diese unverkalkte oder unverzahnte Zone Dentingrundsubstanz ist ganz homogen an dünnen Schnitten wie aus Cylindern oder wie aus Kegelstücken zusammengesetzt, welche ihre breite Seite gegen das verzahnte Zahnbein und ihre schmale gegen die Pulpa hinkehren, so dass zwischen ihnen trichterförmige gegen das Zahnbein hin sich verengernde Eingänge bleiben, welche die Anfänge der Zahnkanälchen darstellen und in welchen die Enden der in die Dentinfortsätze sich verschmälernden Dentinzellen stecken. Diese cylindrischen Stücke Zahnbeingrundsubstanz sind ganz blass, homogen und fast hauch- oder nebelartig zart, und nur bisweilen mit äusserst feinen Granula versehen, die dann besonders gegen die Pulpa und die Zahnkanälchen hin sich finden. Diese Cylinder sind gegen das verzahnte Zahnbein

hin heller, durchscheinender und wie mit einem gelblichen Schimmer versehen. Doch hängt dies Verhalten nur von den daselbst eingelagerten Kalkkugeln ab, die mit ihren Convexitäten das Licht stärker spiegeln. Die innere Begrenzung dieser Schicht gegen die Pulpa hin richtet sich in ihrer Configuration nach den anliegenden Zellen, so dass man z. B. da, wo die Dentinzellen mit einer convexen Fläche der Zahnbeinschicht anliegen, an ihr eine entsprechende Concavität findet. Obwohl diese Schicht so homogen und so zart ist, ist dennoch ihre Begrenzung gegen die Dentinzellen und die Dentinfortsätze eine scharfe zu nennen, weniger weil ihre Contour auffällig hervortritt (denn hierzu ist sie eben zu homogen und zu zart), als vielmehr deswegen, weil die Dentinzellen und die Dentinfortsätze ein ganz anderes Lichtbrechungsvermögen besitzen und erstere ausserdem sehr zahlreiche gröbere Granula zeigen, weswegen sie sich mit ihren Contouren ganz deutlich von dieser jüngsten Zahnbeinschicht abheben. Zwischen den Dentinzellen, welche mit einem deutlichen Contour gegenüber der zarten Begrenzung der Dentingrundsubstanz hervortreten, und dieser letzteren finden sich regelmässig gröbere Granula, die mitunter deckelartig an den Dentinzellen anhängen, oder auch an dem zarten blassen, aber scharfen Contour der Grundsubstanz liegen bleiben können und die den Granula im Innern der Dentinzellen ganz ähnlich sehen. Diese Granula scheinen durch ihr Zusammenfliessen die Zahnbeingrundsubstanz zu erzeugen.

Diese unverzahnte Dentinschicht ist nun von Waldeyer in der Weise gedeutet worden, dass sie das directe Umwandlungsproduct der Dentinzellen sei, dass sie also formell

eigentlich noch zu den Dentinzellen gehöre, wie die Knorpelkapsel zur Knorpelzelle, und nur chemischer Differenzen wegen ein gegen die Zellen verändertes Lichtbrechungsvermögen biete, und deswegen als besondere Schicht anzusehen sei. Diese Theorie stützt er durch folgende Angaben. Es bestehe zwischen jüngster Dentinschicht und den Dentinzellen keine Grenze und es finde vor der Verkalkung während der Umwandlung des Zellprotoplasma's in die diese Schicht zusammensetzende leimgebende Substanz eine Verschmelzung der aneinander stossenden zur Verkalkung prädisponirten Zellmassen statt, so dass diese (noch formell zur Zelle gehörigen) Zellabtheilungen nicht mehr wie früher (wie die Dentinzellen) von einander trennbar sind. Am frischen Präparat sei nie zwischen Elfenbeinzellen und Dentinübergangsschicht eine Grenze zu ziehen und bei Präparaten, die durch Behandlung mit Chromsäure gewonnen sind, gehen oft fadenförmige Verbindungsstücke von einem Theile zum andern. Auch nähere sich der gegen die Zellen hinsehende Theil des Zahnbeins durch sein körniges Aussehen immer mehr und mehr dem Zellprotoplasma selbst. Sodann fänden sich seitlich zwischen den Zellen keine einer Ausscheidung vergleichbare Massen, die, wenn die Zellen überhaupt ausschieden, doch auch da vorhanden sein müssten, die aber nie hier zu bemerken seien. Ausserdem stimmen ihm die fasrigen Stücke, die man bei der Maceration der Zahnbeingrundsubstanz in Salzsäure erhält, mit der Ansicht von der directen Verkalkung der Zellen. Die rein theoretischen Bedenken Waldeyer's gegen die Ausscheidungstheorie, welche sich auf die räumliche Unterbringung einer Zellausscheidung an einem Orte beziehen, an welchem vorher

die Zahnbein- und die Schmelzzellen direct aneinander stossen, sind bereits von Hertz und Kollmann genügend widerlegt worden. Die Zahnfasern sind nach ihm theils präformirt vorhanden als die sogenannten Dentinfortsätze der Odontoplasten, theils bilden sie sich naturgemäss durch die Verkalkung selbst, indem dieselbe ein Stück von der Zelle verschont, das mittels der an ihm von früher her vorhandenen Seitensprossen mit seinen Nachbarfasern auf's Mannichfaltigste communicirt.

Hertz lässt nur die Zahnfasern aus den Dentinzellen hervorgehen und die Membran der letzteren zum peripherischen festen Theil seiner Zahnfasern werden, d. i. zur Neumann'schen Scheide. Die Zahnbeingrundsubstanz ist die chemisch umgewandelte und verkalkte Intercellularsubstanz der Pulpazellen, in der die Zahnkanälchen wandungslose Lücken sind. Ob diese Intercellularsubstanz mit der Intercellularsubstanz im Innern der Pulpa zusammenhängt und von ihr abstammt[1]) oder ob sie von den Dentinzellen geliefert wird, ist ihm nicht klar geworden. Die Zahnfasern sind directe Fortsetzungen der ganzen Dentinzellen, da ihre Zellcontouren direct auf die der Fortsätze übergehen. Mühlreiter[2]) glaubt sogar, diese Schicht stamme direct von den Pulpagefässen her, und die Dentinzellen hätten bei der Zahnbeinbildung nur eine passive Rolle zu spielen. — Boll tritt Waldeyer vollständig bei, obwohl seine Fig. 16 und 17, wie auch Kollmann hervorhebt, sich mit der Auslegung Waldeyer's nur schwer vertragen möchten. Der unverzahnten Uebergangsschicht gedenkt er nur beiläufig und mit derselben Interpretation

1) l. cit. pag. 315 bis 320.
2) l. cit. pag. 177.

wie Waldeyer. Ferner leugnet er die Verjüngung und Zuspitzung der Odontoplasten und ihren allmählichen Uebergang in die Zahnfasern, indem dieselben vielmehr stets von einander scharf abgesetzt seien; gleichwohl zeichnet derselbe unter 21 einzeln dargestellten Dentinzellen 11 die dieses Verhalten zeigen und unter den in situ befindlichen sind auch noch mehrere, welche ganz unzweifelhaft zu dieser Categorie gehören. Endlich sagt Boll ausdrücklich,[1]) dass die Grenze zwischen Membrana eboris und Zahnbein, die Waldeyer, wie wir oben sahen, durchaus nicht ausgeprägt ausgesprochen gefunden hat, und auf welchen Befund er hauptsächlich seine ganze Theorie gründet und gründen muss, scharf vorhanden sei. — Kollmann schliesst sich der Ausscheidungstheorie an und zwar wegen der formellen Beschaffenheit der Dentinzellen, die sich allmählich in die Zahnfasern ausziehen und wegen des chemischen Verhaltens der Dentinzellen und des jungen Dentins gegen Carmin, was Beale schon erwähnt hat. Es färben sich nämlich damit, wie ich bestätigen kann, die Dentinzellen sehr stark, dagegen die junge Dentinschicht gar nicht oder doch nur gering. Die Dentinzellen färben sich jedoch an ihrem Pulpaende mehr, als an ihrem Dentinende. — Mühlreiter betont ausserdem gegen die directe Umwandlungstheorie noch mit Recht die vollständige Trennungsmöglichkeit der Dentinzellen vom jungen Dentin und fordert mit Kölliker bei Querschnitten durch die jüngste Dentinzone Ringe, welche die Grenze der einzelnen Zellentheile zu bedeuten hätten. Gegen letztere Forderung hat sich jedoch Waldeyer durch

1) loc. cit. pag. 86.

die Annahme zu decken gesucht, dass die in leimgebende Substanz sich umwandelnden Dentinzellpartien alsbald unter einander verschmelzen, so dass sofort der specielle Antheil, welchen jede Zelle an dem neuen Gebilde hat, verwischt wird.

Dass die junge noch unverkalkte Zahnbeingrundsubstanz nicht direct aus der Grundsubstanz der Zahnpulpa abstammen kann, an welche Möglichkeit Lent und Hertz denken, ergiebt sich aus der Beschaffenheit der Membrana eboris.

Die Dentinzellen bilden wenigstens mit ihren Pulpaenden eine vollständig ausgebildete Epithelschicht (vom Werthe des Epithelium spurium oder des Endothels), da sie weder bei der Betrachtung von der Fläche noch im Profil Lücken zwischen sich übrig lassen (vgl. Fig. 2, 3 und 6), sondern eine Mosaik dicht und ohne Zwischensubstanz an einander gefügter Zellen erkennen lassen, so dass mithin alles Bildungsmaterial, welches von der Pulpagrundsubstanz oder deren Gefässen zur Erzeugung des Zahnbeins geliefert wird, erst in die Odontoplasten eingehen und eine Zeit lang deren formellen und chemischen Bestandtheil bilden muss. Das von den Dentinzellen aufgenommene Material aber wird ähnlich wie in Drüsenzellen umgewandelt und als anders das Licht brechende und anders chemisch reagirende Substanz, d. i. als Zahnbeingrundsubstanz wieder ausgeschieden. Dabei bleibt die Zelle zwar zunächst bestehen, erleidet aber mit der Zeit gewisse Umänderungen, verliert den Kern und geht, indem sie sich mehr und mehr in die Länge auszieht, allmählich mit einem immer grösseren Theile ihres Körpers und endlich

ganz in die Zahnfaser und, obwohl im minderen Grade, in die übrigen Fortsätze über. Ihre Stelle übernimmt die hinter ihr liegende und durch den Pulpafortsatz bereits mit ihr verbundene Zelle der Membrana eboris. Die ausgeschiedene völlig gleichartige unverkalkte Zahnbeingrundsubstanz lässt grössere oder kleinere Lücken und Kanäle für die Fortsätze der Dentinzellen bestehen, die anfänglich noch keine besondere Wandschicht gegenüber der jungen Dentingrundsubstanz erkennen lassen. Erst bei der Verkalkung der letzteren treten diese besondern Wandschichten der Kanälchen mehr und mehr hervor und sind dann auch in Säuren und Alkalien nach Zerstörung der übrigen organischen Substanz darstellbar, und ich halte mit Waldeyer und Boll dafür, dass sie aus unverkalkter, in elastische Substanz umgewandelter Grundsubstanz bestehen. Sie sind, wie Boll besonders hervorhebt, im cariösen Zahnbein sehr leicht nachweisbar, doch sind ihre sonst so scharfen Begrenzungslinien hier nicht mehr so rein vorhanden. Die mehr quer verlaufenden schwachen Verbindungen der Zahnfasern untereinander kommen durch die seitlichen Fortsätze der Zellen zu Stande, die an allen möglichen Zellformen sich finden, wenn sie auch nicht jeder einzelnen Zelle nachweisbar zukommen. Die Zwei- und Dreitheilungen der Zahnfasern entstehen entweder so, dass eine Dentinzelle, von welcher mehrere Dentinfortsätze ausgehen, sich mit einer tieferen verbindet, welche nur einen Dentinfortsatz treibt, oder dadurch, dass zwei von einer Zelle ausgehende und nahe bei einander liegende Fortsätze beim Längerwerden der Zelle gegen ihre Basis hin mit einander verschmelzen.

Die Gründe, welche mich bewogen haben, gegen die

directe Umwandlung der Dentinzellen in Dentingrundsubstanz mich zu entscheiden und mich für die Ausscheidungstheorie zu erklären sind folgende:

1) Die scharfe Grenze, welche sich zwischen Zahnbeingrundsubstanz und den Dentinzellen findet, vgl. Fig. 6 u. 8. Dieselbe ist sowohl am frischen wie an dem mit Chromsäure und Salzsäure oder doppelt chromsaurem Kali behandelten Präparat nachweisbar. Die von Waldeyer angegebenen, von den Dentinzellen ausgehenden und diese mit der Grundsubstanz in Verbindung setzenden und wie letztere aussehenden Stückchen habe ich nicht finden können. Es setzt sich vielmehr das in dünnen Schnitten äusserst zarte, in dickeren und auf der Flächenansicht hellere und das Licht stärker brechende Zahnbein scharf ab von den wegen der hier gerade auftretenden Lichtbrechungsdifferenz auch deutlich begrenzten Dentinzellen. Die zwischen beiden sich vorfindenden körnigen Massen sind gewöhnlich weder zum Zahnbein noch zu den Dentinzellen in eine deutliche Beziehung zu bringen; abgesehen davon, dass sie an letzteren bisweilen deckelartig aufsitzen. Hätte eine directe Umwandlung statt, dann dürfte hier keine scharfe Grenze weder der Dentingrundsubstanz noch der Dentinzellen existiren und keine plötzliche Veränderung im Lichtbrechungsexponenten vorkommen.

2) An einer sehr grossen Anzahl von Dentinzellen lässt sich ein allmählicher Uebergang des ganzen Zellleibes in den Dentinfortsatz, sowie in die übrigen Ausläufer constatiren. Ja nicht selten ist die Begrenzung der Zellen in der Gegend des Abganges der Fortsätze deutlicher wie in ihren mittleren Theilen, so dass man zu der Annahme genöthigt wird, die ganze Zelle schicke sich durch diese Art ihrer Formänderung

an, nur in den Dentinfortsatz und nebenher in die übrigen Fortsätze überzugehen. Diese Zuspitzung und Verschmälerung der ganzen Zelle in die Zahnfaser und das deutliche Uebergehen der Zellcontour in die des Fortsatzes findet sich besonders ausgeprägt an Zellen mit einem Dentinfortsatze.

An Zellen mit mehreren Dentinfortsätzen ist der Uebergang der Zellcontour auf die aus den Ecken hervorgehenden Zellfortsätze ebenfalls deutlich nachweisbar, jedoch kann die Formung der gesammten Zelle nicht so direct auf die Formung der einzelnen Dentinfortsätze bezogen werden. Aber es kann auch hier kein Grund gefunden werden, ausser dieser räumlichen und genetischen Beziehung der Dentinzellen zu den Fortsätzen noch eine directe Beziehung derselben zur Zahnbeingrundsubstanz aufzustellen. Denn würde eine directe Umwandlung der Dentinzellen in die Zahnbeingrundsubstanz stattfinden, so müsste man an den Zellen, welche eine Zahnfaser aussenden, jederseits von letzterer oder wenn mehrere Fortsätze an einer Zelle vorkommen zwischen denselben eine Zone leimgebender Substanz direct an ihnen hängend bemerken und solche Stückchen müssten bei Isolation der Zellen an den einzelnen haften bleiben, was nie bei intactem Zahnbein vorkommt. Oder die Dentinzellen müssten wenigstens an den Stellen unscharfe, zernagte, angefressene, wie zerrissene Contouren zeigen, an welchen sie mit dem Zahnbein direct verbunden gewesen wären und der Dentinfortsatz dürfte nie mit dem übrigen Zellcontour continuirlich zusammenhängen, sondern müsste von diesem durch seine Schärfe sich abheben.

3) An Präparaten, die mit doppelt chromsaurer Kalilösung behandelt worden sind, bemerkt man, wie schon

Waldeyer, obwohl undeutlich in seiner Fig. 3 und deutlicher Boll in Fig. 2, 7 und 8 abgebildet haben, an dem Dentinende einzelner Odontoplasten eine schmale Zone einer das Licht stärker brechenden, reichlicher und gröber gekörnten Substanz, welche häufig den Dentinzellen dicht anliegt und die man dann gleichsam als Deckel der Dentinzellen ansehen kann. Waldeyer zeichnet diese Zone so, dass sie continuirlich in die Dentinzelle sich fortsetzt, während Boll einen schwachen Contour zwischen Deckel und Zelle setzt. Man findet aber ausser den Zellen, welchen dieser Deckel dicht anliegt, auch solche, an welchen derselbe ein wenig abgehoben ist und an noch andern liegt er selbst eine ganze Strecke von der Zelle entfernt. Er hängt alsdann, besonders wenn mehrere Dentinfortsätze von der betreffenden Zelle ausgehen, an diesen wie ein zwischen mehreren Stäben ausgespanntes und von diesen durchspiesstes Tuch eine Strecke weit von der Zelle entfernt. Man kann jedoch immer bemerken, dass unter diesem Deckel der Zellcontour scharf erhalten ist und dass derselbe mithin der Zelle nur anliegt. Doch behindert seine Anwesenheit, wenn er der Zelle ganz dicht anhaftet, die leichte Wahrnehmbarkeit der eigentlichen Zellbegrenzung. Auch mit den Dentinfortsätzen hängen diese Deckel nicht zusammen, sondern dieselben durchsetzen ihn oder umgehen ihn, wenn sie an einer Ecke der Dentinzellen entstehen. An Zellen, die nur einen Fortsatz tragen, geht aber auch bei Anwesenheit des Deckels das Dentinende der Zelle sich verschmälernd continuirlich mit seinem Contour in denjenigen des Dentinfortsatzes über. Wollte man Waldeyer Recht geben, so wären diese Deckel die zuerst in loco direct umgewandelten Dentinzellentheile, aber dann

dürfte unter ihnen der Zellcontour nicht unverletzt und rein wahrnehmbar sein, sondern es müsste das Zellprotoplasma ohne dazwischen eingeschobenen Contour in diese Deckelzone continuirlich übergehen.

4) Die eigenthümlichen, oben beschriebenen Configurationen des jüngst gebildeten Zahnbeins bei den Nagethierzähnen an Flächenansichten sind wohl durch die Ausscheidungstheorie, aber nicht durch die Annahme einer directen Umwandlung zu erklären. — In dieser Hinsicht ist jedenfalls der Eichhörnchenzahn (Fig. 4) am instructivsten. — Man sieht hier die junge unverzahnte Zahnbeingrundsubstanz in Form von langen Bändern oder Säulchen dahinziehen, die äusserlich durch eine äusserst dünne gleichartige Lamelle an einander gehalten werden. Zwischen ihnen verlaufen Rinnen, in welche die Zahnfasern und das Dentinende der Dentinzellen senkrecht auf die Richtung der Säulchen sich einsenken, bis in einer gewissen Tiefe dieselben sich ausfüllen und blos die Zahnröhrchen übrig bleiben. Man sieht an diesen homogenen glänzenden Bändern keinerlei Antheil von Seiten der einzelnen Zellen, etwa durch Abgrenzungen, die je einer Zelle zugehören könnten, angedeutet, aber auch keinerlei Zusammenhang zwischen diesen Bändern und den Dentinzellen. Vielmehr liegt deren meist in den Dentinfortsatz zugespitztes Dentinende sammt diesem Fortsatze in der Rinne oder in der in ihrer Tiefe auftretenden Dentinröhre ohne jegliche Verbindung mit den Bändern. Bei vorhandener directer Verkalkung sollte man vermuthen, müsste es hier leicht sein, das biegsame, zerreissliche Zahnbein in directer Verbindung mit den Zellen zu erhalten. — Beim Kaninchen, Hasen, Meerschweinchen u. s. f. Fig. 1,

2, 3, 5, 7 aber sieht man ganz am Grunde in einem Maschenwerke etwas hellerer, stärker lichtbrechender Grundsubstanz, der Dentingrundsubstanz, die rundlichen Dentinzellen liegen, ohne directen Uebergang beider in einander; sondern der Contour der Zelle ist deutlich und plötzlich zu scheiden von den Contouren der Zwischenmasse und wenn erstere, wie es nicht selten geschieht, von selbst ausfallen, so sieht man in letzterer die Begrenzung der Lücken scharf ohne abgerissene daran hängende Stückchen der Zellen. Nach aufwärts werden diese Lücken und Gruben durch fortschreitende Abscheidung von Grundsubstanz enger und enger, bis sie nur noch als Röhrchen mit erweiterten Eingängen, d. s. die Zahnröhrchen erscheinen, vorher stellen sie die Vorläufer der Zahnröhrchen dar. — Wenn eine directe Umwandlung stattfände, so müssten die Zellen mit diesem Netzwerk formell und continuirlich zusammenhängen. Sie würden aber dann nicht ausfallen können, ohne dass Stückchen von ihnen an der Grundsubstanz hängen blieben, welche eben im Zustande der Umwandlung sich befänden; oder es würden Stückchen von Grundsubstanz an den isolirten Zellen haften bleiben und alsdann die noch übrig bleibende Platte von Grundsubstanz um ihre Lücken ganz unregelmässig begrenzt wie zernagt und zerfressen aussehen.

5) Zur Stütze der Umwandlungstheorie und gegen die Ausscheidungshypothese führt Waldeyer ferner an, dass, wenn das Zahnbein von den Zellen abgeschieden würde, es nicht ersichtlich wäre, warum die Abscheidung nicht auch zwischen die Zellen erfolgen könnte. (Man sieht jedoch nicht ein, warum man dasselbe mit demselben Recht nicht auch von der directen Umwandlungstheorie verlangen darf.) In Fig. 5 und 7 sind aus der Zahnbeingrundsubstanz heraus-

und zwischen die Dentinzellen selbst hereingreifende Zapfen dargestellt, welche durch grössere Helligkeit ihrer Substanz sich deutlich von den Zellen unterscheiden, so dass sie keine abgerissenen Zellstücke sein können. Sie stellen mithin zwischen den Dentinzellen ausgeschiedene Zahnbeinzapfen dar, welche zwischen den Eingängen von Zahnkanälchen liegen.

6) In der jüngsten Schicht des Zahnbeins ist, wie Kölliker und Mühlreiter bereits hervorheben, auf Flächenansichten und Flächenschnitten keinerlei Antheil der einzelnen Dentinzellen, der etwa in Form von der Zelle concentrischen Ringen in der Zahnbeingrundsubstanz bemerkbar wäre, welche dem Beitrag der einzelnen Zellen entsprächen, zu constatiren. Zwar erklärt Waldeyer dies Factum so, dass er die zur Verkalkung prädisponirten Zellmassen in der Art verschmelzen lässt, dass sie nicht mehr von einander trennbar sind.[1]) Doch stimmen ihm die faserigen Stücke, die man bei Maceration des Zahnbeins in Salzsäure erhält[2]), sehr wohl mit der Ansicht von der directen Verkalkung der Zellen. Es geht aber aus den übrigen Angaben Waldeyer's hervor, dass diese Stücke nicht der Ausdruck einer verzahnten Dentinzelle sind, sondern dass zu ihnen gewöhnlich mehrere Zellen beitragen, aber so, dass keine Grenze des Beitrags bestehen bleibt. Diese fasrigen Stücke kann man sehr schön auf dünnen Querschnitten des noch unverkalkten Zahnbeins erhalten, so dass es aussieht, als hätte man direct in Zahnbein umgewandelte cylindrische Zellen vor sich, wenn man nicht auch zugleich die mit einem ganz andern Lichtbrechungsvermögen begabten Dentinzellen scharf ab-

1) loc. cit. pag. 191.

2) loc. cit. pag. 194.

gegrenzt, ohne jeden Zusammenhang mit ihnen liegen sähe. Das netzförmige Balkenwerk, welches auf Flächenansichten keine dem Zellumfang concentrische Ringe zeigt, lässt sich in einfacher ungekünstelter Weise nur durch die Ausscheidungstheorie erklären, wie schon oben unter 4) versucht worden ist, indem seine unmittelbare Configuration bei den Nagethierzähnen betrachtet wurde. Ebenso klar aber liegt auch die Entstehung der auf Querschnitten vorhandenen cylindrischen oder kegelförmigen Stücke. Sie kommen nur zu Stande durch die eigenthümliche Anordnung der von den Dentinzellen in das Zahnbein eindringenden Zahnfasern und ihre specielle Anordnung hängt ganz von der Anordnung der Zahnfasern ab. Sind die Zahnröhrchen zahlreich, dann sind diese Cylinder dünn, faserartig; sind jene selten, so sind sie voluminöser; sind jene gebogen, so ist ihre Begrenzung den Biegungen entsprechend gekrümmt u. s. w. Wo ferner die Zahnröhrchen ganz fehlen, wie dies in einer dünnen Schicht Zahnbein hinten am Eichhörnchen- und Meerschweinchenschneidezahn geschieht, da ist die erste Zahnbeinsubstanz eine völlig gleichartige Platte ohne jede Configuration. — Wenn jedoch bei der directen Unwandlung die Participation der einzelnen Zellen an ihrem Product nicht mehr vorhanden sein soll, dann können auch diese faserigen Stücke nicht mehr in Beziehung zu den einzelnen Zellen gebracht werden, um die Theorie zu stützen. —

7) Beim Isoliren der Zahnbeinzellen kommen keinerlei Anhangsstücke an den Zahnfasern oder Dentinfortsätzen vor. Da bei der directen Umwandlung nicht die ganze Zelle, sondern blos ein gewisser Theil derselben zur Zahnbeingrundsubstanz umgewandelt wird, während der unveränderte

als Zahnfaser persistirt, so sollte man meinen, dass das Zahnbein und die Zahnfasern, weil beide von einem Gebilde her entstehen, wenn sie auch in ihren optischen und chemischen Eigenschaften von einander abweichen, doch räumlich in Continuität verbleiben müssten und dass mithin beim Isoliren an den Zahnfasern ebenso wie an den Dentinzellen vom anfänglich ganz weichen, leicht zerreisslichen Zahnbein Stückchen hängen bleiben würden. Allein die Zahnfasern erscheinen immer hell, glänzend und scharf begrenzt, ohne irgend ein Anhangsgebilde und die oben erwähnten deckelartigen Zonen wird man aus mehreren, schon erwähnten Gründen nicht als solche ansehen können.

8) Die leichte und reinliche Trennbarkeit der Zahnbeingrundsubstanz von den Zahnfasern und Zahnbeinzellen. Zwar bleibt gewöhnlich, wenn man die Pulpa aus dem Zahne herausnimmt, die oberflächlichste Pulpaschicht mit den Dentinzellen am Zahnbein hängen, weil die Pulpa leichter zerreisslich ist, als die Einfügung der Dentinzellen in den Zahnkanälchen mittels der Zahnfasern sich löst. Allein man kann die Dentinzellen sammt den Dentinfortsätzen vom Zahnbein durch Auseinanderzerren beider vollständig trennen, wobei man nicht selten einen ganzen Wald von Dentinfasern an den so abgetrennten Zellcomplexen findet. Ebenso kann man an Flächenschnitten und Bildern des Zahnbeins die Dentinzellen sehr leicht durch Abstreichen aus demselben entfernen, ohne dass Stückchen Zahnbein an den Dentinzellen haften bleiben und ebenso wenig bemerkt man am Zahnbein anhängende fragmentarische Stückchen von Dentinzellen.

9) Die grosse Breite der unverkalkten Dentingrundsub-

stanz (vgl. Fig. 6 und 8) zeigt die Schnelligkeit der Zahnbeinbildung. Dabei sieht jedoch die plötzlich und scharf von den Dentinzellen in ihrem Lichtbrechungsvermögen abweichende, in dickeren Schnitten hellere, in dünnen ganz homogene, blasse unverzahnte Grundsubstanz in ihrer ganzen Breite völlig gleichmässig aus. Erst da, wo die Einlagerung der Kalkkörnchen und Kugeln sich einstellt, sieht man eine geringe Aenderung der Helligkeit und der Farbe vom mehr Bläulichweissen in's Gelblichweisse eintreten, die aber nur durch die Spiegelung der Kalkkugeln erzeugt wird. Bei einer directen Umwandlung der Dentinzellen in die Zahnbeingrundsubstanz sollte man, abgesehen von der mangelnden Grenze zwischen beiden, eine mehr schrittweise, allgemache Veränderung der Substanz der Dentinzellen in die Zahnbeingrundsubstanz durch die ganze Breite der letztern fordern dürfen. Findet sich zwischen Zahnbein und Dentinzellen ein körniges Wesen vor, so ist es in keinerlei directe Beziehung zu einem von beiden zu bringen.

Wollte man in Bezug auf die Entstehung der Zahnfasern ferner annehmen, dass eine Dentinzelle zur Erzeugung einer ganzen Zahnfaser von Anfang bis Ende genüge, an welche Möglichkeit Kölliker[1]) denkt, obwohl er auch ebenda dem von mir oben angedeuteten Modus ihrer Entstehung aus mehreren mit der Zeit sich verlängernden und unter einander sich verbindenden Zellen für gedenkbar hält, während Lent[2]) hauptsächlich die Erzeugung aus einer Zelle für wahrscheinlich darstellt, indem die Den-

1) Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl. pag. 386.
2) l. c. pag. 127.

tinzellen, reichlich von den Pulpagefässen her ernährt, allein an ihrer Spitze in die Dentinfortsätze auswachsen, so ist hierzu zu bemerken, dass in diesem Falle eine Menge von anatomischen Eigenschaften der Dentinzellen und der Pulpa nicht in ausgiebiger Weise verwendet würden, ja selbst ignorirt werden müssten. Hierhin sind zu rechnen das allmähliche sich Zuspitzen vieler Zellen in einen ungetheilten Fortsatz, die vielerlei Formen der Dentinzellen, das ungewöhnliche Lang- und Schmalwerden vieler Zellen, das Verlieren oder nicht Erkennbarsein der Kerne in manchen Zellen, das deutliche Zusammenhängen vieler Zellen in der Längs- und Querrichtung, das Abnehmen der Zahl der Zellen in der Pulpa und das Kleinerwerden derselben mit dem weitergehenden Wachsthum des Zahnbeins, endlich die eigenthümliche Anordnung und Ausbildung der zwischen der Dentinzellenschicht und der übrigen Pulpa gelegenen Pulpaelemente, die von Kollmann mit zur Membrana eboris gerechnet werden. Ebenso dürfte die Entstehung der kleinen seitlichen Anhänge an den Zahnfasern, welche dieselben in der Querrichtung verbinden und die nicht aussehen, als könnten sie von einer Theilung des Dentinfortsatzes abgeleitet werden, schwer erklärbar sein. Doch mag ich nicht bestreiten, dass unter Umständen an sehr dünnen Zahnbeinschichten, wie sie an einzelnen Stellen an den schmelzfaltigen Backenzähnen der Nager vorkommen, die kurzen Zahnfasern daselbst blos aus einer Dentinzelle sich herausbilden können. Dass ferner die sanduhrförmigen Einschnürungen der Dentinzellen immer eine Theilung derselben bedeuten, kann ich deshalb nicht zugeben, weil nicht immer beide unter einander zusammenhängende Zellen je einen Kern haben, und weil häufig die beide Zellen verbin-

dende Stelle lang ausgezogen, sehr dünn und ganz in der Weise gebildet ist, wie die einander zugewandten Fortsätze der Dentinzellen der ersten und zweiten Lage. — Für die Entstehung der Dentinfasern aus dem Zusammenfluss mehrerer Zellen erklären sich Waldeyer, Hertz und Boll. —

Hinsichtlich der Zahnscheiden Neumann's bin ich durch meine Beobachtungen zu denselben Ansichten geführt worden, denen Waldeyer und Boll huldigen. Hertz rechnet die Zahnscheiden mit zu den Zahnfasern, indem er beide zusammen als ein solides faserartiges Gebilde ansieht, welches im Centrum weich geblieben ist, während seine peripherische Schicht erhärtete und so gegen Säuren und Alkalien resistent sich erweisen konnte. Die von Tomes' gefundenen Zahnfasern setzt er den Neumann'schen Zahnscheiden gleich. — Während man im ausgebildeten, gesunden Zahnbein diese Gebilde allein durch längere Einwirkung von Säuren oder durch Alkalien und Säuren darstellen kann, ist es im cariösen Zahnbein, wie Boll mit Recht angiebt, sofort möglich, sie an Querschnitten desselben zur Anschauung zu bringen; da sie von der bräunlich gefärbten Grundsubstanz deutlich durch ihre dunkleren Contouren abstehen. Ausserdem sind sie hier weiter und umschliessen theilweise die Zahnfaser nicht mehr so eng, wie im normalen Zahnbein, so dass man an solchen Zahnröhrchen deutlich zwei Contouren wahrnehmen kann, wovon der peripherische dunklere der Zahnscheide, der darin befindliche, oft ein wenig nach innen von ihm abstehende, blassere Contour der Zahnfaser angehört. Behandelt man solche Zahnbeinschnitte mit Salzsäure, so kann man die Zahnscheiden aufs schönste isoliren, doch

gehen die Zahnfasern bei längerer Einwirkung hierbei meist zu Grunde, oder sie waren gleich anfangs nicht nachweisbar. Dass sie bei dem cariösen Process völlig vergehen, wie Boll und Leber und Rottenstein[1]) angeben, habe ich wenigstens für die Anfangsstadien des Processes nicht bestätigt gefunden, indem dieselben auch in ziemlich erweiterten Zahnscheiden noch hie und da auffindbar sind. Dagegen bieten die Wandungen der Zahnscheiden ein vom normalen vielfach abweichendes Ansehn. Waldeyer betrachtet die Zahnscheiden als elastische Begrenzungsschichten der Zahnbeingrundsubstanz gegen die Zahnröhrchen, während sie Neumann, ihr Entdecker, einfach als verdichtete Theile der verkalkten Zahnbeingrundsubstanz auffasst und für Analoga der Knorpelkapseln ansieht. Der Ansicht Neumann's neigt sich auch Boll zu, wozu ihn, da er für diesen speciellen Zweck vorzüglich cariöses Zahnbein untersucht zu haben scheint, die eigenthümliche unscharfe äussere Begrenzung der isolirten Scheiden im cariösen Zahnbein vielleicht geführt haben mag. Im normalen Zahnbein, besonders aber in solchem mit stärkeren Zahnfasern und Zahnscheiden, wie z. B. beim Pferdezahn, sind die letzteren bei ihrer Isolirung in Salzsäure mit denselben scharfen dunklen Contouren versehen, welche die elastischen Fasern auszeichnen; und ferner heben sie sich auch im cariösen Zahnbein, wenn man dasselbe in Salzsäure erweicht, deutlich genug von der übrigen Intertubularsubstanz ab, so dass ich mich der Ansicht Waldeyer's zuwende, zumal da auch die Analogie mit den Knorpelkapseln, welche Neumann herbeizieht, nicht ganz

---

1) Untersuchungen über die Caries der Zähne. Berlin 1867, pag. 43.

passend ist, wie Waldeyer hervorhebt, obwohl ich dieselben im Uebrigen nicht wie Waldeyer deuten kann.

Die Ansicht über die Zahnscheiden, welche Hertz aufstellt, und welche er durch die Entstehungsgeschichte derselben zu stützen sucht, indem er die Membran der Dentinzellen zu der peripherischen erhärteten und sehr resistenten Schicht der Zahnfaser (der Neumann'schen Scheide der übrigen Autoren) und das Zellprotoplasma zu dem weicheren Axengebilde (der Zahnfaser der Autoren) sich umbilden lässt, hat schon Boll zurückgewiesen; da er bei Isolirung der Zahnscheiden durch Chrom- und Salzsäure aus ihnen scharf abgesetzt die feinen Zahnfasern hervorragen sah, und da man ferner bei dem Herausziehen der Dentinzellen und ihrer Fortsätze aus dem Zahnbein doch auch diese dickeren, glänzenden Zahnscheiden, welche nach Hertz mit der Grundsubstanz in keinerlei Verbindung stehen sollen, mit herausziehen müsste, was niemals geschieht. Endlich fand Boll im cariösen Zahnbein keine Zahnfasern mehr, sondern blos deren Scheiden; doch bedarf letzterer Befund einer Correction. Nach Hertz sollen ferner die weichen, zarten Axentheile seiner Zahnfasern nur im innersten an der Zahnhöhle gelegnen Zahnbein sich finden, während die peripherischen festen Theile, die aus der Dentinzellmembran hervorgehen, von der Dentinzelle an bis zur Grenze des Zahnbeins gegen Schmelz und Cement hin vorhanden sind. Abgesehen davon, dass ich oft ebenso wie Andere aus den peripherischen Zahnbeinschichten Dentinfibrillen habe isoliren können, wesswegen also der centrale weiche Theil der Zahnfaser von Hertz weiter reichen müsste, ist es mir auf der andern Seite nicht gelungen, die Zahnscheiden, also den

peripheren resistenten Theil der Hertz'schen Zahnfaser durch die ganze Dicke des Zahnbeins nachzuweisen. Weder am untersten Rande des neugebildeten Zahnbeins von Nagethieren, noch in der unverzahnten schneidbaren Uebergangsschicht der sich entwickelnden oder noch wachsenden Zähne vom Menschen, Kalbe, Schaafe etc. waren Zahnscheiden nachweisbar (worauf übrigens schon Waldeyer aufmerksam gemacht hat)[1]), während sie nach dem völlig verkalkten und vollständig ausgebildeten Zahnkeim hin erst weniger deutlich und hierauf ganz deutlich auftreten und dadurch gerade so ihre spätere Entstehung documentiren, wie dies von der Entwickelung der elastischen Fasern im elastischen Knorpel etc. gilt. Wäre die Ansicht über die Zahnscheiden von Hertz richtig, dann müssten die Zahnscheiden gerade in der jüngsten Zahnbeinschicht am deutlichsten ausgeprägt sein. — Gegen die Behauptung von Hertz endlich, dass die Zahnscheiden keine Röhren vorstellen, sondern dass sie im Querschnitte mit dem weichen Theile zusammenhängend als solide faserartige Gebilde sich erweisen, spricht die directe Beobachtung besonders dickerer Zahnscheiden und ihres Inhaltes, wie man solche Präparate z. B. sehr gut vom Pferdezahn erhält. Man bemerkt an solchen ganz wie elastische Fasern dunkel contourirten und starkglänzenden Zahnscheiden deutlich, dass sie, wenn aus ihnen eine Zahnfaser herausragt, mit einem scharf abgesetzten Ringe aufhören, und so allseitig die sie ganz ausfüllende, gleichartige oder äusserst fein granulirte, mattglasartig aussehende Zahnfaser umschliessen. Die Zahnfasern füllen diese

1) l. c. pag. 196.

elastischen Röhren so vollständig aus und die Röhren glänzen gegenüber dem blassen matten Aussehen der Zahnfasern so stark, dass man von ihnen im Innern der Röhre keinen Begrenzungscontour weder auf dem Längsschnitt noch auf dem Querschnitt derselben erhält und dass man die Fasern als selbstständige von ihrer röhrenförmigen Umgrenzung wirklich verschiedene Gebilde nur da erkennt, wo die Röhre sie aus ihrem Innern entlässt. Im frischen Zustande ist die Zahnfaser zwar deutlicher contourirt, doch ist sie auch da im Innern der Zahnscheide liegend mit Sicherheit kaum zu bemerken, obwohl ich in einzelnen Fällen sie darin erkannt zu haben glaube. So deutliche Abgrenzung und Abhebung dieser Fasern von den Zahnscheiden, wie sie Kölliker[1]) vom Menschen zeichnet, so dass die Begrenzung der Faser ebenso deutlich hervortritt, wie die der Zahnscheide, habe ich nie gefunden, sondern letztere waren immer schärfer und dunkler contourirt als die Zahnfasern. Nach längerer Einwirkung der Salzsäure liess sich ihre Anwesenheit in den Scheiden oft auch nur aus deren Inhalt vermuthen, welcher aus feinern und gröbern Körnchen oder längeren Stäbchen bestand, welche die Ueberbleibsel der zerstörten Zahnfasern darstellten. Die seitlichen Verbindungen der Zahnscheiden unter einander sieht man sofort auch deutlich am cariösen Zahnbein.

In dem Granular layer oder der Körnerschicht an der Peripherie des Zahnbeines der Zahnwurzel endigen die meisten der dort befindlichen Zahnröhrchen. Wirkliche

1) Handbuch der Gewebelehre, Fig. 249 pag. 366. 5. Aufl.; und Mikroskop. Anatomie II, 2, pag. 61, Fig. 189.

Endschlingen, die früher häufig angenommen wurden, finden sich an den Zahnkanälchen selten, wie auch Hertz und Waldeyer angeben. Dagegen habe ich Verlängerungen von Zahnkanälchen in den Schmelz hinein, welche Kölliker gegen die beiden vorgenannten Autoren, welche dieselben leugnen, in Schutz nimmt und welche von ihm und Tomes bei Nagethieren und Beutelthieren bemerkt worden sind, an den ausgebildeten Nagethierzähnen ebenfalls gesehen.

B.

Ueber die Entwickelung des Cementes.

Das Cement besteht aus einer mit Kalk imprägnirten homogenen, oder mehr oder weniger körnigen oder faserigen, geschichteten und dabei gleichartigen oder feinstreifigen oder ungeschichteten Grundsubstanz, in welcher Höhlen mit oder ohne feine Ausläufer vorhanden sind. Diese Höhlungen sind von besonderen, gegen Säuren Widerstand leistenden Wänden umgeben, analog wie die Knochenhöhlen und enthalten die Cement- oder Knochenkörperchen. Wenn das Cement in dünnen Lagen das Zahnbein oder den Schmelz umgiebt, ist es nicht selten völlig structurlos, gleichartig, ohne Höhlen und ohne darin eingeschlossene Körperchen, doch finden sich auch bisweilen ziemlich breite Cementzonen ohne alle Schichtung. Ebenso kommt nicht selten, wenn der Zahnkitt in dickeren Lagen das Zahnbein umgürtet, eine innere und eine äussere structurlose Schicht vor, während die mittleren Lagen geschichtet angeordnet sind. Oder der Cement zeigt durchaus eine schichtartige Structur und diese tritt einmal in einer mehr allgemeinen Weise auf unter der Form von concentrisch um die Zahnwurzel verlaufenden Linien, die sowohl auf Quer- wie auf Längsschnitten vorhanden sind und anderntheils in Gestalt einer Special-

Schichtung um etwa vorhandene Gefässe, ganz analog der Special-Schichtung in den Knochen um die Havers'schen Kanäle. Hin und wieder laufen die concentrisch im Cement angeordneten Schichten einander nicht völlig parallel, sondern durchflechten sich sowohl auf Längs- als auf Querschnitten unter spitzen Winkeln. Ausserdem aber sind auch ganz regelmässig vertheilte radiäre Streifungen nicht selten, wodurch unter einander parallele und senkrecht auf die Oberfläche gestellte Bündel von Grundsubstanz abgetheilt werden. Diese Bündel durchflechten sich kreuzweise unter mehr oder weniger spitzen Winkeln. Dabei kann die concentrische Streifung bestehen bleiben oder sich verwischen. In manchem Cement finden sich ferner statt dieser radiären Streifungen in gleicher Weise angeordnete, linienförmig schmale oder mehr oder weniger breite schlitzförmige oder spindelförmige Höhlungen und ausserdem kommen unregelmässig buchtige Höhlungen vor, die meist parallel der Oberfläche des Cementes angeordnet sind und die sich nicht auf die Structurverhältnisse des Cementes zurückführen lassen. Radiäre Streifungen oder in gleicher Weise verlaufende linienförmige Spalten können auch in ganz homogenem Cemente auftreten, dem selbst die Cementkörperchen noch fehlen. Endlich kann der Cement eine anscheinend faserige Structur erkennen lassen, wobei die Fasern ganz wirr durch einander gehen und von verschiedener Stärke sind.

Die Cementhöhlen liegen meist entsprechend den Schichten der Grundsubstanz in concentrischen Reihen und auch in den Speciallamellen diesen parallel, seltener sind sie radiär gestellt. Sie haben meist eine ungefähr spindelförmige Gestalt, die entsprechend der Krümmung der Lamellen etwas

gebogen, seltener hin und her gekrümmt verläuft, und deren Längsdurchmesser der vorhandenen Schichtung parallel gestellt ist. Ausserdem kommen rundliche, birnförmige, und verschiedene plygonale Formen vor. Sie fehlen gewöhnlich in dünnen gleichartigen Lagen von Cement, bisweilen aber auch in breiteren Zonen mit deutlich ausgeprägter Schichtung. Umgekehrt finden sie sich auch in dünnen gleichartigen Lagen vor, besonders dann, wenn der ganze Cement reich an solchen Körperchen ist, und in solchen Fällen fehlen sie auch in der bei dick aufgelagertem Zahnkitt innen und aussen vorkommenden gleichartigen, für gewöhnlich von Cementkörperchen freien Schicht nicht. Sie sind gewöhnlich in den innern Schichten grösser als in den äussern und ebenso nehmen sie vom Zahnhalse gegen die Wurzel hin an Grösse zu; oder sie zeigen keine besonderen Grössenunterschiede, oder es liegen grössere und kleinere durcheinander.

Die Cementhöhlen haben im ausgebildeten Cement wohl immer Ausläufer, obwohl sie derselben, besonders wenn sie nur in spärlicher Zahl vorkommen, auch anscheinend ermangeln. Gewöhnlich aber sind die Ausläufer bei ihnen sehr schön ausgebildet, zierlich verästelt, zahlreich und so angeordnet, dass sie in grösserer Zahl von den Seitenflächen der Höhlen und in geringerer von den Polen derselben abgehen. Die ersteren durchsetzen die Schichten radiär, wobei sie sich häufig mit den entsprechenden Ausläufern, die von den Höhlen der nächstliegenden Schicht ausgehen, verbinden, oder auch in die radiären Spalten einmünden; oder sie gehen gegen das Zahnbein in das granular layer oder in die Zahnkanälchen über; oder bei unregelmässig gebildetem Zahnbein oder bei in der Pulpa vorkommenden knochenähnlichen

Bildungen bis in die in letzteren sich vorfindenden sternförmigen Höhlungen, wofern die Zahnbeinlage an solchen Stellen dünn ist oder ganz fehlt. Die polaren Ausläufer setzen sich gewöhnlich mit eben solchen von den benachbarten Höhlen in Verbindung. Liegen die Cementhöhlen mehr radiär, dann ändert sich natürlich auch der Verlauf der von ihnen ausstrahlenden Ausläufer in entsprechender Weise. — Von diesen Höhlungen sind die von Czermak beschriebenen unregelmässigen, buchtigen Lacunen zu unterscheiden, sowie die oben erwähnten radiären Spalten, welche möglicherweise durch das Schleifen entstehen, indem dabei entsprechend den Grenzen radiärgestellter Bündel Trennungen erzeugt werden. — In diesen mit besonderen, durch Maceriren in Säuren isolirbaren Wandungen versehenen Höhlen befinden sich die Cementkörperchen als weiche granulirte Protoplasmapartien, die eine oft zackige undeutliche Begrenzung und einen von ihr umschlossenen helleren Kern erkennen lassen, der an mit Carmin tingirten Präparaten noch deutlicher hervortritt.

Die Matrix des Cementes ist der innere Theil des Alveolarperiostes, welches aus dem Zahnsäckchen der Zahnanlagen entsteht. Bei verschiedenen Thieren, wie bei den Wiederkäuern und Einhufern, ist das Zahnsäckchen in einer Weise ausgebildet, das man dasselbe als besonderes Organ, das Cementorgan, beschrieben hat.

Die älteren Autoren waren über das Gewebe, aus welchem sich das Cement entwickelt, vielfach unter einander im Widerspruch. Blake,[1]) welcher den Cement zuerst bei den

---

1) De dentium format. et structura. Edinburghi 1798. pag. 82, und Reil's Archiv IX, 316.

Pflanzenfressern entdeckte, und ihn sowohl an der Krone wie an der Wurzel der Zähne derselben auffand und ihn „Crusta petrosa“ nannte, betrachtete denselben als Ausscheidung der äussern schwammigen vasculösen Wand des Zahnsäckchens, während die innre, festere, nicht injicirbare Schicht des Zahnfollikels den Schmelz liefere. Nach Tenon[1]) dagegen entsteht dasselbe durch Verknöcherung der innern Wand des Zahnsäckchens. G. Cuvier[2]) nahm an, dass, nachdem die innere Schicht den Schmelz erzeugt hat, dieselbe sich in ihrem Gewebe verändere, dicker, undurchsichtiger, schwammiger und röther werde, um das Cement zu liefern. F. Cuvier dagegen fand (1822), dass die innere Lage des Zahnsäckchens allein die Rindensubstanz des Zahns erzeuge, indem die Entwickelung des Schmelzes von einer besondern Haut, „der intermediären oder Schmelz-Haut“ aus stattfinde. Henle[3]) neigt sich der Ansicht zu, dass das Cement durch Verknöcherung des Restes der Schmelzpulpa, der nicht zu Schmelz wird, entstehe, und dass möglicher Weise auch das Zahnsäckchen an der Bildung des Cementes mit Antheil nehme. Purkinje[4]) vermuthet, dass die Rindenschicht der Wurzel durch Verknöcherung des Zahnsäckchens gebildet werde und Nasmyth[5]) zeigte, dass, da eine dünne Fortsetzung der Rindenschicht der Wurzel continuirlich auch den Schmelz der Krone überziehe, das Cement nothwendiger Weise aus dem Zahnsäckchen entstehen

---

1) Mémoire de l'Institut national, Paris, t. I, pag. 558 und 589.

2) Anat. comparée, 2 ième édit. 1835, Tom. IV, pag. 216.

3) Allgem. Anatomie, pag. 872.

4) Raschkow, Meletemata circa mammal. dent. evolut. Vratislaw. pag. 7.

5) Medico-chirurg. transact. XXII, pag. 312 und Quart. Journal of microsc. scienc. III, pag. 149.

müsse. Er nannte diesen Ueberzug „persistent capsula," und er bedeutet dasselbe, was Kölliker und die übrigen Autoren unter dem Schmelzoberhäutchen verstehen. Marcusen[1]) und Hannover[2]) beschreiben für die Erzeugung des Cementes ein besonderes Cementorgan, allein beide haben dafür irrthümlicher Weise die Schmelzpulpa genommen, wie Kölliker[3]) dem ersteren nachwies, und Hannover lässt, damit dieses Organ sich zur Cementbildung geschickt erweisen kann, zunächst die anfangs rundlichen Schmelzpulpazellen sternförmig werden und diese wiederum zu Fasern sich umgestalten. Hierauf entstehen in der also fasrig gewordenen Grundsubstanz Knorpelzellen, so dass das Ganze einen Faserknorpel darstellt, welcher in der Weise verknöchert, dass die Grundsubstanz Kalksalze aufnimmt, während die Knorpelzellen zu den Cementkörperchen werden.

Doch hat Hannover[4]) in einzelnen Fällen auch das wirkliche cementliefernde Gewebe vor sich gehabt. Dagegen haben Lent[5]) und zum Theil auch Huxley[6]), welcher letztere zuerst in richtiger Weise die Schmelzpulpa vom Mundepithel her entstehen liess, was bekanntlich bis auf die neueste Zeit bestritten wurde, bis durch Kölliker das wahre Sachverhältniss dargethan ward, hin und wieder die Elemente des Zahnsäckchens als Schmelzpulpa beschrieben und Lent sucht überdies die von Huxley erkannte Abstammung des

1) Bulletin de l'Academie de St. Petersbourg 1850, pag. 308.

2) Nova acta Acad. Caes. Leop. nat. curios. pag. 817—826.

3) Mikroskop. Anatomie, II, 2, pag. 111.

4) l. c. z. B. Fig. 14.

5) loc. cit. pag. 129.

6) On the development of the Teith. Quart. Journal of the Miscrosc. Scienc. 1853, pag. 132 und 157.

Schmelzorgans aus dem Mundhöhlenepithel zurückzuweisen. Hierauf haben Robin und Magitot[1]) in ausführlicher Weise die Entwickelung des Cementes bearbeitet. Sie nehmen für die Bildung des Kronen-Cementes an der Zahnkrone der Ungulaten und Wiederkäuer ein besonderes Cementorgan an, das den Menschen, Vierhändern, Fleischfressern und Nagern fehlen soll, und es wird das bei diesen zuletzt angeführten Ordnungen nur an der Zahnwurzel vorkommende Cement (cement radiculaire) allein von der Zahnsäckchenwand geliefert, welche später zum Alveolar- oder Zahnperiost wird. Zugleich soll die Art der Entstehung des Cementes an der Wurzel und an der Krone eine durchaus verschiedene sein. An der Krone soll sich das Cement aus dem als Faserknorpel beschriebenen Cementorgan durch directe Umwandlung des Gewebes in Knochen bilden nach Art der Bildung des primären Knochens aus dem Knorpel (ossification par substitution), an der Wurzel dagegen in der Weise, wie sich der Knochen aus dem Periost entwickelt, oder wie der secundäre Knochen von Seiten des Markgewebes aus erzeugt wird (ossification par envahissement). Waldeyer[2]) sucht Klarheit unter die abweichenden Ansichten über Zahnsäckchen und Zahnperiost und deren Zusammenhang mit den umgebenden Weichtheilen zu bringen, indem er den Begriff „Zahnsäckchen" genauer definirt. Er kommt dabei zu dem Schluss, dass man den Namen „Zahnsäckchen" ganz fallen lassen und nur von einer „Zahnanlage" sprechen möchte, welche das Schmelzorgan und den Zahnbeinkeim in sich begreift, die beide genugsam durch das

1) Mémoire sur la genèse et le développement des follicul. dentaires. Journal de la Physiol. Tom IV, pag. 145 ff.

2) loc. cit. pag. 198 ff. und 205 ff.

äussere Epithel des Schmelzorgans von der Umgebung geschieden seien und nur am Fusse der Zahnpulpa, wo die Gefässe und Nerven in letztere eintreten, mit der Umgebung communicirten. Denn das Zahnsäckchen bilde keine ringsum geschlossene, fibröse Kapsel für die Zahnanlage, sondern gehe in die benachbarten Theile ganz ohne Grenzen über, nach oben in den derben Bindegewebswall des Zahnfleisches, nach den Seiten in das Blastem, welches die Unterkiefermarkräume erfüllt, und nach unten in das Bindegewebe, welches, die Vasa et Nervi alveol. inff. umhüllt. Ebenso wenig könne man am Zahnsäckchen zwei Lagen, eine lockere innere und eine derbe, fibröse, äussere unterscheiden, sondern das ganze Gewebe, welches sich zwischen Zahnanlage und Kieferknochen finde, habe überall dieselbe lockere Beschaffenheit. Der bei der ersten Entwickelung des Zahnes von der Basis des Zahnkeims ausgehende Zug von spindelförmigen Zellen, der sich aus dem aus mehr rundlichen Zellen bestehenden allgemeinen Kieferblastem heraushebt und um die Zahnanlage herum gegen den Hals des Schmelzorgans sich erstreckt und der von ihm in einer früheren Arbeit[1]) als Anlage einer eigenen Zahnsäckchenwand aufgefasst wurde, ist nur die erste Spur des erwähnten lockern Bindegewebes, das sich nicht zu einer geschlossenen Follikelwand entwickelt. Später seien einzelne derbere Längszüge hie und da in diesem Gewebe vorhanden besonders am Fusse des Zahnbeinkeimes dicht am äussern Epithel oder in der Nähe des Unterkiefers, allein sie bilden nie eine geschlossene, für sich darstellbare Kapsel. — Das

1) Königsberger medicin. Jahrbücher, IV, pag. 256 und Taf. I, Fig. 3 und 4 und Tafel II, Fig. 5; oder Untersuchungen über die Entwickelung der Zähne I. Abth. Danzig 1864.

Cementorgan von Robin und Magitot ist blos der Theil des Schleimgewebes der Alveole, welcher die spätere Zahnkrone umgiebt. — Die Entstehung des Cementes statuirt Waldeyer ganz in der Weise, wie die Ossification sich vollzieht und wie sie von Gegenbaur und ihm beschrieben worden ist, ohne sich jedoch hierbei in Details einzulassen. Die äusserste homogene Lage des Cementes ist ein reines, verkalktes, homogenes Bindegewebe; oder es verkalken, zumal in dem Cement mit radiären Bündelformationen, direct die Bündel des Alveolarperiostes, welche von besondern elastischen Scheiden umgeben sind, zwischen denen die Knochenzellen liegen. Kollmann[1]) nimmt dagegen ein Zahnsäckchen an und bekämpft mit Recht die Gründe, welche Waldeyer gegen die Existenz desselben geltend macht, durch Anführung analoger Fälle. Er findet das Zahnsäckchen besonders bei den Ersatzzähnen vollständig ausgebildet, indem dieselben allseitig von einem Bindegewebe umschlossen sind, und zwar so, dass dem Zahnembryo zunächst ein sehr fein fibrilläres, kernreiches Bindegewebe liegt mit eng aneinander gefügten Elementen, nach aussen aber ein mehr weitmaschiges, aus breiten Fasern geformtes, welches Hunter derb, fibrös nennt. Dies Zahnsäckchen wird später zum Periost der Alveole, allein seine innre gefässreichere Lage, die Waldeyer ebenfalls leugnet, kann nicht blos an der Wurzel sondern selbst an der Krone cementbildend wirken. Diese innre Lage ist stets nachweisbar, auch gegen das Zahnfleisch hin und es verbindet sich mit letzterem nur die äussere derbere Schicht, weshalb er glaubt, dass Waldeyer nur

---

1) loc. cit. pag. 159.

das Anfangs- und das Endstadium des Alveolarbindegewebes vor Augen hatte, und jene Zeit nicht berücksichtigt, wo ein allseitig geschlossener Follikel besteht, wie zur Zeit des 6.—7. fötalen Monates des Menschen oder bei unsern ca. 1 Woche alten Säugethieren. Er vergleicht die innere Lage mit der Pars papillaris, die äussere mit der Pars reticularis corii oder mit den beiden Schichten des bindegewebigen Haarbalges.

Ausserdem spricht Kollmann vom äussern aus Cylinderzellen bestehenden Epithel des Schmelzorgans als von einer innern Bekleidung des Zahnsäckchens und ist überzeugt, dass die sternförmigen Zellen der Schmelzpulpa[1]) schliesslich mit dem Bindegewebe des Zahnsäckchens in Verbindung treten und bis zur Höhe eines ossificirenden Gewebes sich aufschwingen, so dass man nun die aus dem Mundepithel herstammende Schmelzpulpa, nachdem die allein zur Schmelzbildung geeigneten cylindrischen Schmelzzellen zu Grunde gegangen sind, und nachdem sie selbst alsdann zu einem knochenbildenden Bindegewebe geworden ist, als Periost, Cementorgan oder Cementkeim benennen kann. Die Dicke des Schmelzlagers hängt von der Lebensdauer der Schmelzzellen ab und es kann, sobald diese an Altersschwäche zu Grunde gehen, die Schmelzpulpa hierauf ihre cementbildende Thätigkeit beginnen, so dass auch beim Menschen, analog wie bei den Thieren mit Kronencement eine Cementkappe auf die Zahnkrone unter Umständen abgesetzt wird. — Endlich bestreitet er die Existenz einer zarten gleichartigen Lage, die Kölliker[2]) als Fortsetzung der Membrana praeformativa

1) loc. cit. pag. 210.

2) Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl. pag. 375 und Fig. 265 andeutungsweise links.

des Zahnkeims zwischen äusserem Epithel des Schmelzorgans und dem Zahnsäckchen annimmt. — Ueber den Modus der Cementbildung lässt er sich nicht aus. —

Kölliker[1]) unterscheidet am ausgebildeten Zahnsäckchen eine innere weiche gallertige und eine äussere fibröse Schicht. Sie bilden sich beim Menschen im 3.—4. Monate aus. Die ersten Spuren des Zahnsäckchens erscheinen erst, nachdem Zahnkeim und Schmelzorgan vollkommen angelegt sind und zwar in Form einer Verdichtung des umgebenden Bindegewebes. Diese Verdichtung, die von den tieferen Theilen der Schleimhaut gegen die oberflächlichen fortschreitet, tritt jedoch nicht in unmittelbarer Nähe des Schmelzorgans, sondern erst in einer gewissen Entfernung davon auf. Sobald die Anlage des Zahnsäckchens vollendet ist, besteht dasselbe aus einer dünnen festen Wand und einem innern lockern gallertigen Gewebe vom Bau des gewöhnlichen lockern embryonalen Bindegewebes mit vielen Bindegewebskörperchen und verschiedenen ächten, fibrillären Bindegewebsbündeln.

Das Cement[2]) bildet sich ganz nach Art der Periostablagerungen der Knochen und ist es der Theil des Zahnsäckchens, der zwischen Pulpa und Schmelzorgan liegt und der, nach der Entwicklung der Krone noch vor dem Zahndurchbruch, sobald die Wurzelbildung beginnt, diese Rolle übernimmt und dieselbe auch dann noch nicht aufgiebt, wenn der Rest des Zahnsäckchens nach dem Durchbruch der Zähne zum Periost der Alveole geworden ist. Sobald nämlich die Wurzel sich anzulegen beginnt, verlängert sich das Zahn-

1) loc. cit. pag. 375. 380. 382.

2) loc. cit. pag. 383 und 388.

säckchen, derselben dicht anliegend, in seinem untern Theile und entwickelt gleich dem Periost in seinem innersten Theile ein weiches ossificirendes Gewebe. Dasselbe ist bei Säugethieren aus kleinen Zellen und einer faserigen Grundsubstanz gebildet, und ist gegen das übrige Zahnsäckchen oder das Alveolarperiost nicht scharf abgegrenzt und verknöchert so, dass bald nur eine innerste zellenfreie Lage der Grundsubstanz Kalksalze aufnimmt, bald auch Zellen mit in die Verknöcherung einbezogen werden, wodurch die beiden Varietäten des Cementes entstehen. Die radiären Fasern in der Cementgrundsubstanz scheinen wie Sharpey'sche Fasern bald verkalkt zu sein, bald nicht, und dann erscheinen dieselben in letzterm Falle an Schliffen als faserähnliche Bildungen. In Fig. 269 wird nach einem Präparat von Thiersch junges radiärfaseriges Cement von der Katze abgebildet und in der faserigen Bindesubstanz des Alveolarperiostes eine innere, den Osteoblasten ähnliche, fast zusammenhängende Lage von Zellen dagestellt. Die ersten Cementablagerungen bilden ähnliche Scherbchen, wie die ersten Knochenablagerungen bei den Schädelknochen. —

Dursy[1]) endlich bemerkt hinsichtlich der Entstehung der Zahnsäckchen, dass dasselbe aus den Hörnern eines dunkleren halbmondförmigen Schleimhauthofes sich entwickelt, während sich die Mitte desselben zur Zahnpapille ausbildet. Die dunkle Schleimhautpartie entwickelt sich schon vor Anlage des Schmelzkeimes, und es geht sogar anfänglich das Epithel furchenartig über diesen Schleimhauthof hinweg, so dass also bei der ersten Zahnanlage eine Furche

1) Zur Entwickelungsgeschichte des Kopfes des Menschen und der höhern Wirbelthiere, pag. 211 und die dazu gehörigen Tafeln.

wenn auch nicht im Sinne von *Arnold* und *Goodsir* bestände.

Ob die Entwickelung des Zahnsäckchens und der Zahnpapille schon vor der Entstehung des Schmelzkeimes beginnt, ist mir zu beweisen nicht möglich gewesen. Doch habe ich zu der Zeit, bevor die Formirung des Schmelzkeims sich einleitet, die *Bildung einer Furche* im Epithel und der unterliegenden Schleimhaut ebenfalls bemerkt, wie *Dursy* angiebt. Von dieser Furche aus, die bald längere, bald kürzere Zeit bestehen bleibt, ehe sich an ihrer Stelle durch Wucherung des daselbst befindlichen Epithels eine Art Wall erhebt, senkt sich hierauf *der Schmelzkeim* in das allgemeine bindegewebige Kieferblastem ein *in Form eines dünnen* und langen, gewöhnlich gebogenen, selten mehr geraden *Zapfens*, der nur aus den cylindrischen Zellen des Mundepithels besteht, welche die tiefste Lage des *Rete Malpighi* bilden. Oder dieser Zapfen ist kürzer und breiter und enthält ausser den cylindrischen Begrenzungszellen noch rundliche Zellen in seinem Innern. Im weitern Verlauf schwillt dieser Zapfen an seinem Grunde *kolbenförmig* an und später wird er *glocken- oder kuppelförmig*, wobei er sich anfänglich wenig, in der Folge aber immer mehr und mehr von unten her aushöhlt. Sobald die kolbenartige oder glockenähnliche Umformung beginnt, sieht man im Innern des nun Schmelzorgan genannten Gebildes immer rundliche Zellen. Wird nun die Glockenform immer ausgeprägter, dann bilden sich diese runden Schmelzpulpazellen zu denselben sternförmigen Elementen um, wie sie während der ganzen Zeit des Bestehens der Schmelzpulpa in derselben sich

finden. Die das Schmelzorgan ringsum begrenzenden Zellen, die sein äusseres und inneres Epithel bilden, haben noch überall die gleiche cylindrische Form wie zuvor und es tritt die cubische Gestalt der Zellen des äussern Epithels erst in beträchtlich späterer Zeit auf, wenn das Schmelzorgan nicht mehr nach Art einer Hohlkugel, sondern eines im langen Durchmesser beträchtlich ausgedehnten Ellipsoides ausgehöhlt ist und mithin die Zahnpapille eine mehr schlanke Form angenommen hat. Zwischen äusserem und innerem Epithel und den sternförmigen Schmelzpulpazellen bleiben immer eine oder einige Lagen rundlicher Elemente bestehen, das Stratum intermedium Waldeyer's, oder das Rete Malpighi des Schmelzorgans. — Die meisten Variationen in seiner Gestalt, Anordnung und Länge bietet bekanntlich der Hals des Schmelzorgans dar. In seiner einfachsten Form erscheint er, wenn er blos eine geringe Einschnürung zwischen Mundepithel und Schmelzorgan darstellt, so dass Schmelzpulpa und Mundepithel in deutlicher Communication mit einander stehen. Die Schicht der Cylinderzellen, welche bei lang ausgezogenem Halse des Schmelzorgans gewöhnlich allein den Zusammenhang zwischen Mundepithel und Schmelzorgan vermittelt, bildet sich hier zuerst in die ihr für spätere Zeiten auch am äussern Epithel eigene mehr cubische Form um.

Zu der Zeit, als der Schmelzkeim an seinem Grunde kolbenförmig wird, sieht man die zunächst angrenzende bindegewebige Umgebung sich in ihrer Anordnung anders gruppiren. In Form eines Hufeisens oder eines Halbmondes legt sich eine dunklere Abtheilung des Kieferblastems dicht um den Schmelzkolben herum, welche stärker granulirt zahlreiche Bindesubstanzkörperchen von rundlicher Form

und reichlicherer Granulirung enthält, welche in zwei oder drei Reihen der Grenze des Kolbens gleichlaufnde dahinziehen, bis sie nach oben hin in die oberflächlichsten Lagen derselben Elemente in der spätern Cutis übergehen. In diesem nebelartigen dunklern Blastemstreifen lassen sich gewöhnlich schon jetzt hie und da dem Schmelzkolben parallel laufende Gefässe nachweisen. Dieser Blastemstreif stellt die Anlage des Zahnsäckchens und der Zahnpapille dar.

Im Gegensatze zu diesem dunklern Halbmonde sind in dem umgrenzenden helleren Kieferblastem die Bindesubstanzkörperchen ohne besondere Ordnung und weniger dicht neben einander gelagert. Doch macht sich bald darauf nach aussen von der dunkleren hufeisenförmigen Lage eine hellere, ebenfalls halbmondförmige Zone bemerklich, deren Bindesubstanzkörperchen sich mehr in die Länge, zur Spindelform, entwickeln.

Noch später, ungefähr dann, wenn das kolbenförmige Schmelzorgan die Glockenform angenommen hat, wird auch diese helle Zone von einem dunkleren, abermals halbmondförmigen Saume umgeben, in welchem die Grundsubstanz granulirter und die Bindesubstanzkörperchen zahlreicher auftreten. Dieser letztere Saum[1]) wird von den meisten Autoren als Zahnsäckchenanlage gedeutet. Er ist jedoch der Vorläufer des späteren Periostes und grenzt die Abtheilung des Kieferblastems ab, welche für die knöcherne Metamorphose prädestinirt ist.

Bei dem Uebergange des Schmelzorgans aus der Kolben-

---

1) Vgl. Kölliker, Handb. der Gewebelehre, 5. Aufl. pag. 381, Fig. 264.

in die Glocken- oder Kuppelform verändert sich auch der innere, halbmondförmige, dunkle Saum, welcher dasselbe zunächst umgiebt, indem die Mitte des Halbmondes halbkugelig sich erhebt und in die Höhlung der Glocke sich hereinwölbt.

Dabei nehmen seine rundlichen Elemente an Zahl zu, während die Zwischensubstanz gleich stark granulirt bleibt. Auch treten in dem halbkugligen Gebilde sehr bald Gefässe auf. Auf diese Weise sondert sich die Anlage der Zahnpapille von der des Zahnsäckchens. Doch ist die Gegend, wo beide in einander übergehen, ziemlich breit geworden, und es beginnt deshalb die innere Lage des Zahnsäckchens mit einem breiten Anfangstheil am Grunde von der Zahnpapille und zieht sich immer dünner werdend aussen am Schmelzorgan aufwärts bis zur oberflächlichsten Lage von Bindesubstanzkörperchen des Cutisblastems. Die diese innere Zahnsäckchenlage umziehende helle Zone ist gewöhnlich am Grunde der sich entwickelten Zahnpapille und an dem untern Theile der Seitenfläche derselben schmaler und deutlicher als nach aufwärts, woselbst sie in die übrige Cutisanlage übergeht. Die äusserste dunkle Umgrenzung endlich erreicht nur eine gewisse Höhe, soweit als eben das Periost den spätern Kieferknochen von seiner Umgebung abgrenzen soll.

Die innere an Zellen reichere und dem Gewebe der Zahnpulpa ähnliche Lage bleibt nun auch ferner um die Zahnanlage bei deren weiteren Ausbildung nachweisbar und behält die oben angegebene Zusammensetzung. Dasselbe gilt auch von der mittleren und hellern Schicht, welche später immer mehr an Breite zunimmt, wobei sie

an verschiedenen Stellen mit der äussern als Periostanlage gedeuteten Zone annähernd verschmelzen kann, so dass letztere nur als einen etwas dichtern Theil von ihr sich darstellt. Die in ihr immer reichlicher vorkommenden spindelförmigen Körperchen zeigen nicht selten Theilungsstadien, indem in einer Zelle zwei bis drei Kerne enthalten sind. Diese oft sehr lang ausgezogenen und wie fadenförmig endenden Spindeln liegen in einer reichlich vorhandenen schleimigen Grundsubstanz, in welcher jedoch hie und da wellige Bündel von fibrillärem Bindegewebe und ausserdem zahlreiche gröbere Gefässe auftreten, während die feinern Aeste derselben in der innern Lage verlaufen.

Wächst die Zahnanlage immer mehr, ist eine mehr oder weniger dicke Lage von Zahnbein und Schmelz bereits abgelagert, so bleibt gewöhnlich von der innern an rundlichen Bindegewebskörperchen reichen, im Wesentlichen wie die Zahnpapille zusammengesetzten und auch jetzt noch mit ihr am Grunde zusammenhängenden Schicht nur der untere Theil in einer mehr oder weniger beträchtlichen Dicke nach aussen vom äussern Epithel in derselben Zusammensetzung nachweisbar, während weiter nach aufwärts die mittlere aus Schleimgewebe mit spindelförmigen Zellen bestehende Lage scheinbar allein übrig bleibt. Es ist jedoch daselbst die innere Lage der mittleren ähnlicher geworden, indem sich in ihr gleichfalls neben den rundlichen, weiter auseinander und fast allein am äussern Epithel anliegenden Körperchen mehr und mehr spindelförmige Elemente und eine faserige Anordnung entwickelt haben. Allein die in ihr mehr durch die spindelförmigen Elemente hergestellte Faserung ist dichterer oder lockerer, und umgrenzt spitzwinklige Maschen, die von einer

gleichförmigen Grundsubstanz ausgefüllt sind; während die mittlere Lage eine bald lockere bald dichtere und unter sich gleichlaufende, von unten nach aufwärts ziehende Faserung aufweist. Als äusserste dichte Lage kann das Periost des Kieferknochens häufig noch unterschieden werden, oder es fehlt, indem es gleichfalls der mittlern Lage mehr und mehr ähnlich geworden ist. Immer aber umzieht eine etwas anders gestaltete Zone dieses schleimigen, mit rundlichen und spindelförmigen Körperchen versehenen Bindegewebes die gesammte Zahnanlage.

Die Existenz eines Zahnsäckchens wird man daher wohl immerhin anzunehmen berechtigt sein, und zwar nicht blos aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen, sondern auch aus dem übrigen anatomischen und physiologischen Verhalten des mit diesem Namen bezeichneten Gebildes. Zwar geht, wie Waldeyer mit Recht angiebt, das Zahnsäckchen nach aussen hin in das Zahnfleisch, in das Markgewebe des Unterkiefers und in das die Alveolar-Nerven und Gefässe umhüllende Bindegewebe ohne besondere Grenze über. Allein dies gilt, wie auch Kollmann bemerkt, nur von der äussern und mittleren Lamelle des Zahnsäckchens. Die innere locker gewebte Lamelle dagegen ist durchaus scharf abgegrenzt vom Schmelzorgan, welches sie, nachdem der Hals desselben geschwunden ist, vollständig umgiebt, und setzt sich auch in der spätern Zeit durch Aenderung in ihrer Textur von der Zahnpapille, mit welcher sie früher ohne Grenze zusammenhing, mehr und mehr ab.

Mithin ist die innere Grenze des Zahnsäckchens fast durchaus scharf bestimmbar und auch die äussere lässt sich im grössten Theile seines Umfanges noch erkennen, obwohl

sie mit einzelnen ihrer Bestandtheile mit den umgebenden Theilen in Verbindung steht. Allein ebenso schicken die Fascien in das Innere der Muskeln Verbindungen zu dem daselbst vorfindlichen Bindegewebe, und in gleicher Weise stehen die Bindegewebsschichten zwischen den Muskeln mit dem Periost in Continuität, und hängen die Häute der Gefässe mit einander und der Umgebung zusammen. Denn es werden die aus Bindegewebe gebildeten Organe immer mit ihrer bindegewebigen Umgebung zusammenhängen, da dasselbe durch den ganzen Körper eine zusammenhängende Stütz- und Verbindungsmasse darstellt.

Wie erwähnt, kann man schon bei der ersten Entwickelung des Zahnsäckchens drei Schichten an demselben unterscheiden, die sich allerdings später nicht überall gleich gut erkennen lassen. Im Wesentlichen sind sie jedoch am ausgebildeten Zahnsäckchen, welches den Zahn kurz vor seinem Durchbruche umschliesst, auch noch nachweisbar und man erkennt zu dieser Zeit als innere und dem äusseren Epithel dicht anliegende Schicht eine an rundlichen Bindegewebskörperchen reiche Lage, die entsprechend wie die innerste Lage des späteren Alveolarperiostes, welches das Cement liefern soll, zusammengesetzt ist. Sie hat nach aussen keine scharfe Grenze, weil sich daselbst zwischen ihre rundlichen Elemente immer mehr spindelförmig gestaltete einschieben, welche in der mittlern Lage das Uebergewicht gewinnen. Nach innen dagegen liegen häufig soviel rundliche, mit deutlichem Kern und wenig und unscharf umgrenztem Protoplasma versehene Körperchen, dass zwischen ihnen nur wenig Grundsubstanz Platz hat und dass ihre innere Grenze nicht mehr so leicht vom äussern Epithel sich

scheiden lässt, welches sich inzwischen aus mehr cubischen Zellen zusammensetzt.

Auf die innere Lage folgt die mittlere Schicht mit reichlich vorhandener gallertiger Zwischensubstanz, in welcher hin und wieder wellige Fibrillenbündel vorkommen. Sie besitzt vorzugsweise langgestreckte Bindegewebskörperchen, die mit 2, 3—4 Ausläufern unter einander Verbindungen eingehen, doch in der Weise, dass die überwiegende Mehrzahl der Ausläufer dem Umfange des Zahnsäckchens parallel geht, also in senkrechter Richtung in den Seitenflächen, in nahezu horizontaler oben und unten in der Alveole dahinzieht. Auch hängen diese Ausläufer mit den Gefässwandungen zusammen.

Die äussere Lage ist gegen die mittlere ebenfalls nicht scharf abgesetzt und sie enthält noch stärker langgestreckte und dichter aneinander gefügte Bindegewebskörperchen, so dass an ihr der Anschein einer deutlichen Längsfaserung entsteht, der jedoch nur zum Theil von Bindegewebsfibrillen abhängt und dass sie ein festeres und derberes Gefüge wie die beiden innern besitzt, von denen sie sich auch leicht abheben lässt. Zugleich sind die beiden innern Lagen gefässreicher als die äussere in der gewöhnlich nur grössere längslaufende Gefässe vorkommen. — Im Allgemeinen sind diese drei Lagen besser gegen den Grund des Zahnsäckchens hin nachweisbar, als nach aufwärts, wo sie sich unter einander in ihrem Gefüge mehr nähern. —

Der Zusammenhang der äussern Lage mit dem umgebenden Gewebe geschieht an den Seitenwänden der Alveole in zweierlei Weise. In vielen Fällen bemerkt man nämlich, dass von den senkrecht verlaufenden Zügen von Bindege-

webskörperchen und Bündeln des Zahnsäckchens sich radiär gestellte, mehr horizontal verlaufende Züge abzweigen und in das Innere der Markräume des Knochens eindringen oder an denselben sich ansetzen. Oder man bemerkt von diesem Verhalten nichts und die äussere Schicht grenzt direct an den Knochen und das Markgewebe in demselben. — Diese radiär gestellten Züge werden später zum Alveolarperiost, oder dasselbe entsteht hauptsächlich aus der äussern Lage des Zahnsäckchens. — In das Bindegewebe des Zahnwalles geht die hier überwiegend aus fibrillärem Bindegewebe bestehende äussere Lage gewöhnlich ganz ein und zwar so, dass man sehr wohl die von ihr herstammenden Züge weit im Zahnwalle verfolgen, jedoch von ihnen nicht als von einer besondern Lage sprechen kann. Auch die mittlere, hier gleichfalls mit mehr Fasern versehene Schicht geht theilweise in den Zahnwall über, während die innere, gleichfalls fester und mehr streifig gewordene Lage nach wie vor die Zahnanlage umgürtet. Zwischen innerer Lage und dem in den Zahnwall übergehenden Antheile bleibt immer noch ein deutlicher Rest von Schleimgewebe der mittleren Schicht bestehen. Am Grunde endlich hängt das lockere Bindegewebe um die Gefässe und Nerven weniger mit dem Zahnsäckchen zusammen, sondern es liegt dem letzteren nur an, und es stehen die Elemente beider mit einander in keinem so directen Verkehr wie am Zahnwall.

Ist die mittlere gallertige durchscheinende Lage besonders entwickelt, wie dies z. B. im untern und obern Theile des Zahnsäckchens der Wiederkäuer der Fall ist (von den Ungulaten habe ich kein Beispiel untersuchen können), so gewinnt das ganze Zahnsäckchen schon für das blosse Auge den Anschein eines eigenthümlichen Organs, ganz ähnlich

dem Aussehen des Schmelzorgans und es ist auch diese so eigenthümlich ausgebildete Form des Zahnsäckchens von Robin und Magitot als Cementorgan beschrieben und von Anderen (Marcusen, Hannover, und theilweise Lent und Huxley) wegen seiner makroskopischen Aehnlichkeit mit dem Schmelzorgan verwechselt worden, dessen äusseres Epithel und absolute Gefässlosigkeit sie nicht kannten. Sind diese reichlich vorhandenen Gefässe des Zahnsäckchens mit Blut überfüllt, dann unterscheidet sich dasselbe durch eine röthliche Farbe sofort von dem blasseren Schmelzorgan. Allein, wenn man ein besonderes Cementorgan annehmen will, dann müsste man das Zahnsäckchen überhaupt als solches bezeichnen. Denn das von genannten Autoren als solches beschriebene Organ stellt nur die ungemein entwickelte mittlere, gallertartige Lage des Zahnsäckchens dar, welche keineswegs allein die ganze Wand derselben bildet, sondern sowohl nach innen wie nach aussen in die oben beschriebene innere und äussere Zahnsäckchenschicht übergeht, welche fast genau dieselbe Stärke und Beschaffenheit wie sonst zeigen.

Auch ist dieses sogenannte Organ keineswegs als ein Faserknorpel aufzufassen, sondern als ein exquisites Schleimgewebe. Denn es kommen in demselben weder am Grunde noch an den Seiten des Zahnsäckchens Knorpelzellen vor, ebensowenig eine der Knorpelgrundsubstanz entsprechende Intercellularsubstanz mit deutlichen Knorpelhöhlen, wie auch Waldeyer angiebt. Vielmehr finden sich in der ganz weichen structurlosen, nur hie und da mit einzelnen Fibrillen oder Fibrillenbündeln ausgestatteten Grundsubstanz langgestreckte spindelförmige, mit einem, oder auch mit 2, 3 und 4

Kernen versehene Zellen in mässigen Abständen ziemlich regelmässig vertheilt. Diese Zellen hängen meist mit 2 bis 4 und mehr Fortsätzen, die von den Polen oder aus deren Umgebung von den Zellen ausgehen, unter einander zusammen. Sie liegen also mit ihrem Längsdurchmesser parallel dem Umfange des Zahnsäckchens und in gleicher Weise verlaufen auch ihre Fortsätze. Dies Verhalten unterscheidet sie von den mehr nach allen Seiten hin sich verästelnden sternförmigen Zellen der Schmelzpulpa, die überdies weniger langgestreckt spindelförmig, sondern kürzer und polygonal gestaltet sind.

Am oberen Umfang des Zahnsäckchens findet sich ferner *beim Kalbe* gegen das Zahnfleisch hin ein weicher *Knorpelstreif*, welcher jedoch nach innen hin von dem nur aus wenigen Zelllagen bestehenden Schmelzorgan durch die innere Lage des Zahnsäckchens geschieden ist. Diese Zahnsäckchenlage besteht hier aus einem ungefähr concentrisch um das Schmelzorgan herumziehenden, parallel unter einander oder spitzwinklig sich kreuzenden, fein fibrillären Bindegewebe, welches mit rundlichen und spindelförmigen Körperchen reichlich versehen ist. Weiter nach aussen durchkreuzen sich die Fibrillen oder Fibrillenbündel unter immer grössern Winkeln, und es finden sich zugleich unter den immer mehr an Grösse zunehmenden Bindegewebskörperchen schon deutliche Knorpelzellen ein, bis endlich ein mehr oder weniger breiter Knorpelstreif sich entwickelt. Er ist breiter an den Vertiefungen der Zahnkrone, schmaler und deshalb leichter zu übersehen an den Erhöhungen derselben und er geht ohne scharfe Grenze nach innen wie nach aussen hin in das angrenzende Gewebe über. An seiner innern

und äussern Grenze sind seine Zellen mehr spindelförmig, in der Mitte mehr rund und im Allgemeinen zahlreicher vorhanden. Die Grundsubstanz ist in der innern und äussern Zone desselben theils structurlos und enthält ausserdem verschiedene wellenförmig geschwungene und sich durchflechtende Fibrillenzüge, die in Essigsäure erblassen. In der Mitte des Knorpels dagegen finden sich auch zahlreiche dunkel contourirte, starrere, und oft um jede Zelle Wirbel bildende elastische Fasern vor, nebenbei sind aber auch homogene Grundsubstanz und in Essigsäure erblassende Fibrillen bemerkbar.

Das nach aussen auf diesem Knorpelstreif folgende Zahnfleisch besteht wie gewöhnlich aus Bindegewebsbündeln, welche in elastischen schlauchförmigen Scheiden enthalten und ganz in der Art wie im Stratum reticulare der Cutis nach allen drei Richtungen des Raumes durch einander geflochten sind. In dem Zahnfleische sowohl wie in dem beschriebenen Knorpelstreif, welcher sehr reichlich mit verhältnissmässig weiten Gefässen durchzogen ist, liegen eine grosse Anzahl von Epithelanhäufungen, die oft in ziemlich regelmässigen Abständen von einander vertheilt sind und Durchschnitten von schlauchförmigen Drüsen ähnlich aussehen, so dass sie dem Bilde ein ganz zierliches Ansehn zu geben vermögen. An andern Stellen liegen sie jedoch ganz unregelmässig angeordnet und ohne eine besondere Form. Es sind die von Thiersch als Reste des Halses des Schmelzorgans gedeuteten Epithelnester.

Dass das äussere Epithel und ein Theil der Schmelzpulpa mit zur Constituirung des Zahnsäckchens im Interesse der Genese des Cementes verwendet werde, nachdem die

Schmelzbildung vollendet ist, indem die Zellen der Schmelzpulpa ihre epitheliale Natur ganz verlieren und zu dem Werthe von Bindegewebskörperchen sich versteigen, wie Kollmann behauptet, aber nicht hinreichend stützt, habe ich nicht finden können. Denn man findet das äussere Epithel auch bei sehr dünn gewordenem Schmelzorgan noch deutlich in seiner Anordnung erhalten und sowohl dadurch als auch durch die jetzt rundlich polygonale oder etwas abgeplattet kubische Form seiner Zellen und die immer hie und da sei es auch schwach angedeutete Wellenform seines Verlaufes von den innersten dicht aneinander liegenden Zellen des Zahnsäckchens sich unterscheiden. Ebenso ist das Lichtbrechungsvermögen beider in etwas verschieden, indem die dicht bei einander liegenden, kleinren, rundlichen oder kurz spindelförmigen Bindegewebskörperchen gewöhnlich dunkler sind. Oder die innere Zahnsäckchenlage ist an rundlichen Bindegewebskörperchen ärmer oder besteht aus sich spitzwinklig kreuzenden Spindelzellen; dann ist die Scheidung beider Gebilde viel leichter. — Ist endlich das Schmelzorgan noch dünner geworden, so sind nur eine Reihe Cylinderzellen und eine oder zwei Lagen unregelmässig durcheinander und theilweise auch zwischen die Cylinderzellen geschobener rundlicher Zellen des Strat. intermed. von ihm vorhanden, ohne dass ein äusseres Epithel sich davon absondern liesse. Macht man Schnitte von der Grenze solcher Gegenden des Schmelzorgans, so sieht man, dass sich das äussere Epithel in die äusserste Zelllage des Stratum intermedium oder Malpighi verfolgen lässt, keineswegs aber in die innere Lage des Zahnsäckchens übergeht oder mit ihm verschmilzt. Deshalb wird es auch nicht wohl angehen, dasselbe als

Epithel des Zahnsäckchens zu betrachten, wie Kollmann will. —

Bevor jedoch das äussere Epithel in dieser Weise mit dem Strat. intermed. verschmilzt, verschwindet zwischen ihm und der Schmelzhaut die Schmelzpulpa und deshalb ist es nicht möglich, dass Elemente der letzteren zur Cementbildung verwendet würden.

Abgesehen von vielen andern Gegenden an den verschiedensten Zahnsäckchen sind für die Lösung der Frage, ob Schmelzpulpa oder äusseres Epithel sich mit an der Cementbildung betheiligen können (ob mithin ein Epithelialgewebe ein Product liefere, welches der Reihe der Bindesubstanzen angehört), besonders Querschnitte durch die untersten Theile der Backenzähne von Nagethieren, z. B. vom Kaninchen zu empfehlen. Es liegen hier Querschnitte von Abtheilungen des auch hier bleibenden Schmelzorgans dicht neben sich bildenden Cement, ja oft sind scheinbar die Ränder des Schmelzorgans vom Cement ein wenig umschlossen. Allein man findet bei genauerer Betrachtung der örtlichen Verhältnisse, dass überall da, wo ein Cementscherbchen auch auf der nach dem Schmelzorgan zugewendeten Seite wächst, zwischen Cementscherbchen und Schmelzorgan eine dünne Bindegewebslage, mit sehr zahlreichen rundlichen und einzelnen spindelförmigen Körperchen vom übrigen Periost her sich einschiebt. Das Periost hat an den Stellen, von wo aus diese Bindesubstanzwucherungen ausgehen, viel zahlreichere rundlichere Körperchen, als an andern Gegenden. Diese zwischen das dünnere Schmelzorgan und das Cement sich einschiebenden Bindegewebszüge sehen allerdings auf den ersten Blick dem Strat. Malpighi des Schmelz-

organs sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich von diesem nur durch die zwischen den Bindegewebskörperchen vorfindliche spärliche Grundsubstanz, sowie durch die reichlich darin vorhandenen Gefässe, so dass man an den meisten Schnitten eines findet, während sie bekanntlich dem Strat. Malpighi ganz fehlen. Da nun überdies eine Lage von Osteoblasten sich epithelartig dicht am Cement angeordnet findet, so tritt die zwischen diesen und der Grenzlage der Malpighischen Zellen sich findende schmale Bindegewebsschicht mit ihren mehr unregelmässig angeordneten Körperchen als besondere Lage, zumal in dünnen Schnitten, deutlich hervor. Auch sind die rundlichen, ovalen oder spindelförmigen Bindegewebskörperchen mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht zu dem Längsdurchmesser der Schmelzzellen gestellt, während der Richtung der letzteren die Zellen des Stratum Malpighi folgen. Die Erkenntniss dieses Verhaltens wird durch Tinktion der Präparate mit Carmin in etwas erleichtert.

Es kann mithin die *Cementbildung allein von den Theilen des Zahnsäckchens* aus entstehen, welche nach dem Durchbruche oder während des Durchbruches der Zähne sich in dem Zwischenraume zwischen Alveole und Zahn befinden, also zunächst von der innern Lage des Alveolarperiostes aus. — Allein das Periost behält die Fähigkeit, Cement zu liefern, sehr lange Zeit bei, nachdem seine innere an Zellen reichste Lage schon längst verschwunden und zur Erzeugung des Cementes verbraucht worden ist, indem neue Zellwucherungen in demselben sich vollziehen.

Das *Periost der erwachsenen Zähne* besteht hauptsächlich aus Bindegewebsbündeln, die in mehr oder weniger dicken, elastischen, schlauchförmigen Scheiden ein-

gebettet sind. Sie ziehen hauptsächlich in querer oder schiefer Richtung zwischen Zahn und Alveole hin, so dass dadurch die Befestigung des Zahnes eine ungemein starke wird. Die schiefen Bündel durchkreuzen sich dabei gewöhnlich und bilden so auf Quer- und Längsschnitten ein Strickwerk, in dessen zahlreichen, zum Theil sehr grossen Maschen die Blut- und Lymphgefässe untergebracht sind. Da, wo sich die Bündel am Kieferknochen befestigen, liegen nicht selten auch Fettträubchen in ihren Zwischenräumen. Endlich gehen, besonders in Begleitung längsverlaufender Gefässe, auch senkrecht aufsteigende Bündel durch die queren und schiefen hindurch. Sowohl innerhalb dieser Bündel, als an und zwischen ihren Scheiden liegen ziemlich zahlreiche rundliche oder spindelförmige Bindegewebskörperchen. Die spindelförmigen sind fast überall in bedeutender Ueberzahl vorhanden, und enthalten neben einem feinkörnigen, fast nur in Form zweier lang ausgezogener Spitzen und in geringer Menge vorhandenem Protoplasma einen ovalen oder rundlichen Kern, oder es sind deren zwei vorhanden, zwischen denen eine Einschnürung bemerkbar ist. Ein Kernkörperchen ist darin nicht nachweisbar. Diese Körperchen richten sich mit ihrem Längsdurchmesser meist nach dem Verlaufe der Bündel. An manchen Orten, z. B. am Grunde der Nagethierschneidezähne sind die rundlichen Körperchen häufiger, doch kaum so zahlreich als die spindelförmigen. Am reichlichsten sind die Bindegewebskörperchen gegen den Zahn hin angehäuft, so lange das Cement sich verdickt. Nur wenn man alte Individuen untersucht, ist die Zahl der Körperchen gleichmässig über das ganze Zahnperiost verbreitet. —

Die innerste, an Bindegewebskörperchen reichste Lage ist während der Zeit, in welcher sich das erste Cement bilden soll, so überhäuft mit zelligen Elementen, dass sie in dickern Schnitten ganz dunkel erscheint. Da, wo das erste Cement eben ausgeschieden wird oder werden soll, sind diese Körperchen in einer oder seltner einigen Reihen mit ihren Längsdurchmessern concentrisch dem Umfange des Zahnes nach Art eines Plattenepithels an einander gestellt, während sie weiter vom Zahn entfernt ohne besondere Ordnung und im äussern Theile des Periostes vielmehr radienförmig zum Umfange des Zahnes angeordnet sind. Man kann diese Zellenlage, die meist aus abgeplatteten, seltener aus mehr rundlich polygonalen Zellen besteht, als Osteoplasten des Cementes bezeichnen (Cellulae cementificae).

Die erste Cementlage ist gewöhnlich eine ganz gleichartige, zellenfreie, helle Schicht, wie sie auch Waldeyer erwähnt, an welcher man keinerlei Abtheilungen, etwa herrührend von dem Antheil der einzelnen Zellen, erkennen kann. Hat sie eine gewisse Dicke überschritten, dann tritt an ihr gewöhnlich eine äusserst zarte und dichte concentrische Schichtung auf. Cementkörperchen gehen in diese Lage gewöhnlich nicht ein, wohl aber kann bei noch grösserer Dickenzunahme auch eine feine radiäre Streifung sich an ihr bemerkbar machen. An dieser ersten Cementlage ist ein directes Uebergehen des Protoplasma's der Osteoblasten in die Grundsubstanz derselben keineswegs bemerkbar; vielmehr findet sich zwischen beiden eine scharfe Grenze auf das deutlichste ausgeprägt, noch schärfer, als sich dieselbe bei der secundären Knochenbildung oder der Periostverknöcherung zwischen Osteoblasten und Knochengrund-

substanz erkennen lässt. Die Schärfe der Scheidung zwischen den Osteoblasten und der Cementgrundsubstanz ist wesentlich mit dadurch bedingt, dass die Osteoblasten in die letztere nicht mit eingehen [1]), so dass der Contour der Grundsubstanz keinerlei Unterbrechung erleidet, welche seine Schärfe beeinträchtigen könnten. Es kann sich mithin diese Lage Cement nicht in der Weise bilden, wie sich nach Waldeyer die Periostverknöcherung oder die sekundäre Verknöcherung von Seiten des Markgewebes aus vollzieht und wie auch in ganz analoger Weise die Cementbildung geschehen soll. Denn dann dürfte, wenn die peripherischen Theile der osteogenen Zellen direct in die Knochengrundsubstanz übergehen, und die Knochenkörperchen blos Ueberreste derselben darstellen, zwischen beiden keinerlei scharfe Grenze bestehen.

Ist das Cement in dickerer Lage abgeschieden, so kann die weitere Bildung desselben nach dem oben beschriebenen Modus noch fortbestehen, nur dass alsdann in die Zusammensetzung des Cementes auch Zellen mit eingehen. Oder es erfährt die epithelartige Anordnung der cementbildenden Zellen Unterbrechungen. Dieselben stellen sich mit ihrer Längsachse nicht mehr parallel dem Zahnumfange, sondern senkrecht auf demselben, so dass sie wie im übrigen Zahnperiost angeordnet und nur zahlreicher vertreten sind. Die geringe Menge von Grundsubstanz zwischen ihnen zeigt häufig den fibrillären Bau weniger deutlich als gegen die Alveole hin und geht direct in die Cementgrundsubstanz über. Hier scheint eine directe Aufnahme von Kalksalzen in die Bindegewebsgrundsubstanz stattzufinden

---

1) Vgl. für die Knochenbildung Fig. 166, pag. 233 von Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl.

und der entkalkte Cement zeigt auch in solchen Fällen eine analoge Bündelformation mit Umscheidung derselben wie das Periost und wie sie Lieberkühn auch in der verknöcherten Vogelsehne beobachtet hat. Dabei kann am Cement eine concentrische Ablagerung oder Anordnung seiner körnigen, nicht fibrillären Grundsubstanz bestehen, allein in Folge der nicht verkalkten Scheiden der Bündel bietet er ausserdem noch eine radiäre Streifung dar.

Ferner sieht man auch in Fällen, wo die Cementbildung weiter fortgeschritten, aber noch nicht sistirt ist, in dem angrenzenden Periost zahlreiche, dicht beisammenliegende Zellen in verschieden geformten Anhäufungen. Diese Zellenhäufungen sind oft ganz regelmässig vertheilt, wobei alsdann eine radienförmige Anordnung derselben um den Zahnumfang sich nicht verkennen lässt, oder sie liegen mehr vereinzelt. Zwischen ihnen geht theils die unveränderte Grundsubstanz des Periostes direct in die mit Kalk imprägnirte Grundsubstanz des Cementes über, theils sieht man, wenn diese Zellanhäufung eine beträchlichere ist, blos die Bindegewebsscheiden in das Innere des radiär gestreiften Cementes eingehen.[1]) Die Zellen dieser Zellenhäufungen sind als solche wohl characterisirt. Sie sind von ziemlicher Grösse, von polygonaler oder kubischer Gestalt mit reichlichem Protoplasma und deutlichem Kern und liegen oft in senkrecht auf den Zahnumfang gestellten Reihen hinter einander. Die Begrenzung des sich neubildenden Cementes ist dabei häufig eine wellige oder zackige, ähnlich der Verknöcherungsgrenze bei der Knorpelverknöcherung, und

---

1) Vergl. auch Kölliker Fig. 269, pag. 388 in Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl.

es liegen die Zellanhäufungen in der Concavität der Einbiegungen. Wenn fibrilläre Bindegewebsbündel oder deren Scheiden sich direct in die mit Kalk imprägnirte Lage fortsetzen, doch hört daselbst der fibrilläre Bau derselben sofort auf.

Hört die Cementbildung auf, dann hat das Periost gegen den Zahn hin dieselbe Zusammensetzung wie gegen die Alveole hin. — Endlich können den Gerber'schen Kugeln ähnliche Gebilde auch als kuglige Vorsprünge in das Zahnbein hinein vorkommen.

C.

Ueber die Entwickelung des Schmelzes und des Schmelzorgans, insonderheit bei den dauernd wachsenden Schneidezähnen der Nagethiere.*)

Auf das Schmelzorgan der dauernd wachsenden Zähne haben Raschkow[1], Retzius[2] und Owen[3] aufmerksam gemacht und Kölliker[4] und Henle[5] gedenken desselben in kurzen Notizen.

Das Schmelzorgan der bleibend wachsenden Schneidezähne der Nagethiere befindet sich blos an der vorderen Seite derselben und hängt mit der Schleimhaut und dem Epithel der Mundhöhle continuirlich zusammen. Die bindegewebige Grundlage und das Epithel der Mundschleimhaut geht nämlich im ganzen Umfange des Zahnes vom Kiefer nach der Tiefe der Alveole. Jedoch hört nach hinten das Plattenepithel ein Wenig unterhalb der Umschlagsstelle, gleich unter dem

---

*) Zum Theil ist dieser Abschnitt als besonderer Aufsatz früher in E. Wagner's Archiv der Heilkunde IX, pag. 97. in ähnlicher Weise erschienen.

1) Meletemata circ. mammal. dent. evol. pag. 11.

2) Müller's Archiv, 1837, pag. 542.

3) Odontography, pag. LXII und 399.

4) Mikroskopische Anatomie, II, 2. Hälfte, pag. 117.

5) Allgemeine Anatomie, pag. 879.

Rande der hinten höher heraufragenden[1]), knöchernen Alveole, mit einem scharfen Rande auf und das Periost der Alveole bildet von da an bis zur Basis des Zahns das einzige Weichgebilde zwischen Kiefer und Zahn. An den Seitenflächen der Alveolen der Schneidezähne reicht das Plattenepithel in schiefer Richtung weiter abwärts und zwar um so weiter, je näher dem vorderen Rande zu (wenigstens beim Kaninchen und Hasen), dann folgt ebenfalls das Periost der Alveole bis zur Basis; nur ein schmaler, vorderer Saum jederseits gehört noch mit zum Schmelzorgan.

Das Schmelzorgan besteht aus einer Schicht cylindrischer Zellen, die auf einem dem Rete Malpighi entsprechenden Gewebe lagern. Es beginnt bei verschiedenen Nagethieren verschieden hoch in der Alveole. Beim ausgewachsenen Kaninchen geht es etwas unterhalb des vorderen Randes der knöchernen Alveole an; beim eben gebornen Kaninchen reicht es noch eine kleine Strecke über denselben hinaus, war aber bei einem circa 10 Wochen alten Thiere ebenso tief wie beim ausgewachsenen zu finden. — Bei einem jungen Hasen zeigte sich die obere Grenze des Schmelzorgans ebenfalls oberhalb des knöchernen Alveolenrandes, ein Wenig unterhalb der Umschlagsstelle des Plattenepithels vom Zahnfleisch nach der Höhle der Alveole. Bei einem einige Tage alten Hasen aber fand sich das Cylinderepithel sofort unterhalb der Umschlagsstelle. Bei der erwachsenen Ratte fängt dasselbe sofort am Umschlagsrande an, indem auf drei bis vier Reihen

---

1) Die Beschreibung bezieht sich auf die Zähne des Unterkiefers; am Oberkiefer sind die örtlichen Verhältnisse selbstverständlich entsprechend zu ändern, die histologischen Facta aber ganz gleich.

quer gelegner Plattenepithelzellen nach unten sogleich die cylindrischen Schmelzzellen folgten.

Die bindegewebige Grundlage der Mundhöhlenschleimhaut setzt sich an allen Seiten continuirlich fort in die Alveole; verhält sich aber auch (beim Kaninchen) an jeder Seite etwas verschieden, indem sie an der vordern Seite mehr fein fibrillär und ärmer an Kernen ist, wie an den Seiten- und an der hintern Fläche der Alveole. Auch hat sie im Bereiche der vordern Fläche, so weit das Plattenepithel beim Kaninchen abwärts reicht, in queren oder schief aufwärts ansteigenden Reihen stehende, doch nicht ganz regelmässig angeordnete Papillen mit Gefässschlingen und ähnliche papillenartige Vorsprünge treibt sie auch in das Gewebe des Schmelzorgans vor.

Der Umschlagsrand, mittels welchem das Mundhöhlenepithel in die Tiefe der Alveole herabsteigt, ist beim Kaninchen und bei den andern Nagethieren eine ziemlich scharfe Firste nur von dem dickgeschichteten Epithel gebildet. An diesem Rande sind die Epithelzellen beim Kaninchen steif, vollständig abgeplattet, fast durchgängig ohne Kern, langgestreckt spindelförmig, mit dem Längsdurchmesser quer in der Wand der Alveole gelegen. Sie liegen in vielen Lagen übereinander und werden nach abwärts mehr und mehr zu polygonalen und weniger abgeplatteten, mit Kernen versehenen, zelligen Gebilden. Da, wo die cylindrischen Schmelzzellen gleich unterhalb des Umschlagsrandes beginnen, wie bei der Ratte, haben die wenigen Reihen Plattenepithelzellen meist Kerne, ebenso bei neugebornen Thieren (Kaninchen, Hasen). Bei letzteren sind auch die Plattenepithelzellen am Rande viel weniger steif und langgestreckt, bald plattgedrückt spindelförmig,

bald mehr polygonal und mit dem längern Durchmesser quer gestellt. Die Kerne der Zellen verhalten sich ähnlich: auch sie sind, wenn sie vorhanden sind, in den obersten Reihen häufig langgestreckt oval, schmal und quer gestellt, weiter abwärts in den polygonalen Zellen rundlich und grösser und meist mit deutlichen Kernkörperchen. Dieser Umschlagsrand bricht bei einigem Liegen oder nach Aufbewahrung in Spiritus leicht ab und dann liegen die kleineren, polygonalen Zellen der tiefern Schichten oder des Rete Malpighi des Mundepithels blos. — Abwärts von diesem Rande bis dahin, wo beim Kaninchen das Schmelzorgan beginnt, finden wir polygonale, mit dem längsten Durchmesser quer oder schief gestellte Plattenepithelzellen, die durchgängig mit einem Kern, der meist ein oder mehrere Kernkörperchen enthält, versehen sind und die nach abwärts zu allmählich an Grösse verlieren. Da, wo die unterliegende Bindegewebsschicht Papillen vortreibt, sind die Epithelzellen concentrisch um dieselben angeordnet und werden deshalb ihre queren Reihen unregelmässig, zumal da die Papillen meist einer queren Anordnung nicht streng folgen. An der Grenze des Schmelzorgans schieben sich zwischen diese Epithelzellen häufig kleinere, etwa halb so grosse ein, oder es liegen in einem Raume, so gross wie eine Zelle, dessen Grenzen aber verschwommen sind und mehr von den Contouren der umgebenden, scharf begrenzten Zellen bestimmt werden. 2 Kerne dicht bei einander und zugleich wird der sie umgebende Zellinhalt feinkörniger und trüber. Die nebenliegenden, scharf begrenzten Epithelzellen haben häufig wechselnde Formen. Darauf beginnt in einer geraden Linie die Reihe der cylindrischen Schmelzzellen (beim neugebornen

Kaninchen fand ich sie jedoch nicht so scharf und oft in einem wellenförmigen Zuge). Bei der Ratte fehlt eine derartige Grenzschicht und es folgt auf die letzte Reihe Plattenepithel sofort als nächste Reihe Cylinderepithel, das nur etwas niedriger und kleiner ist als die nächst abwärts liegenden Reihen von Cylinderzellen des Schmelzorgans.

Das ganz frisch untersuchte Schmelzorgan der bleibend wachsenden Schneidezähne besteht bei neugebornen und ausgewachsenen Nagethieren nur aus einer Schicht von cylindrischen Zellen und einer aus mehreren Lagen bestehenden Schicht von Kernen und zelligen Gebilden (deren Grenzen zum Theil nur unvollständig, nach der Tiefe hin aber gar nicht zu erkennen sind), die durch papillenartige Vorsprünge der darunter liegenden Bindegewebsschicht des Alveolenperiostes in abwechselnd dickere und dünnere Stellen abgetheilt wird, ebenso wie es am stratum Malpighi der Epidermis durch die Papillen der Cutis geschieht.

Diese Schicht cylindrischer Zellen sind die Schmelzzellen, welche den Schmelz für den Zahn liefern. Sie reichen von der bereits beschriebenen Grenze des Plattenepithels an der vordern Fläche und als schmale Säume an dem vordern Theile der seitlichen Flächen bis fast zur Basis des Zahnes. Ebenso weit geht die darunter liegende Schicht von Kernen. Die Schmelzzellen verhalten sich bei den verschiedenen Nage- und Säugethieren im Wesentlichen gleich, aber in mehreren Punkten verschieden.

Beim Kaninchen sind die Schmelzzellen verhältnissmässig kurz, besonders an der obern und untern Grenze des Schmelzorgans, doch ziemlich breit und dick. Sie stehen so dicht an einander, dass keine Zwischenmasse zwischen ihnen

Platz hat. Sie hängen deshalb mehr unter sich zusammen und man erhält sie öfter in Reihen liegend beim Isoliren. Sie sind am obern Anfange des Schmelzorgans nur wenig länger als breit, weiter abwärts aber zwei- bis dreimal länger als breit zu finden. Es kommen an der Grenze etwa 3—4 auf einen Zellenraum des Plattenepithels zu liegen und sie sind nicht deutlich von einander durch gut sichtbare Membranen abgegrenzt. Weiter abwärts bekommen sie eine geringere Dicke und werden deshalb schlanker. Ihr Inhalt ist feinkörnig, dunkel, wird bei längerer Wassereinwirkung heller und häufig sind beide Enden stärker granulirte oder das äussere, zum Schmelz hingewendete Ende ist feiner granulirt als die Basis, oder zeigt nur einzelne, gröbere Körner. Der Kern ist meist ebenso gross wie an den unterliegenden Epithelzellen, rund oder länglich, heller als der Inhalt, oder er ist schwer oder gar nicht nachweisbar. Der Kern liegt meist näher dem äussern Ende zu, welches vom Schmelze abgewendet ist, doch kommt er auch am innern Ende vor. In der Regel sind die Schmelzzellen an dem Schmelzende kaum begrenzt zu nennen, nur an einzelnen, gewöhnlich kürzeren sieht man hier einen ebenso scharfen Contour wie an den Seiten, wo er fast immer deutlich ist. Nach unten zu hängen sie mit dem Gewebe des Rete Malpighi zusammen. Beim Isoliren hängt ihnen oft ein Stück von granulöser Masse, verschieden geformt, an, bald mit bald ohne Kern, wodurch eine solche Schmelzzelle scheinbar zwei, ja selbst drei Kerne bekommen kann. Zwischen jedem Kern ist die Zelle häufig eingeschnürt und da, wo der Kern sitzt, etwas aufgetrieben. Der eigne Kern der Zellen ist meist von derselben Grösse, bisweilen auch kleiner, weniger

dunkel, stärker lichtbrechend und öfter etwas länglich. Oft sind die Schmelzzellen am Schmelzende etwas breiter und einzelne Gruppen fliessen, von der Fläche aus gesehen, an demselben fast zusammen, sind gegen einander viel weniger begrenzt und das Ende ist blasser und homogener geworden. Andere Zellen daneben sind jedoch noch gut von einander geschieden. Oft hängen an diesem Ende Stückchen von Schmelz oder ein anders das Licht brechender, kurzer Aufsatz, oder es ragen aus dem Zellinhalt verschieden geformte, blasse, zähe Anhänge hervor (Tomes'sche Fortsätze).

Bei der Ratte, sowie beim Hasen und Eichhörnchen sind die Schmelzzellen länger und besonders bei der Ratte und dem Eichhörnchen ganz durchsetzt von kleinen, röthlichen Pigmentkörnchen, während der Kern frei davon bleibt. Diese Körnchen stehen in Beziehung zur rothen Färbung der Schmelzoberfläche dieser Thiere. Weniger gefärbt als bei der Ratte und dem Eichhörnchen sind die Schmelzzellen bei Myoxus Glis.

In doppelt chromsaurer Kalilösung aufbewahrt erscheinen die Schmelzzellen des Kaninchens isolirt nicht selten bedeutend länger, dabei sind sie auch dünner, lanzettförmig, hin und her gebogen, faserartig geworden. Andere sind besser in ihrer Form erhalten und im Zusammenhange ist ihre Gestalt nicht geändert. Sie zeigen am Schmelzende deutlicher die anders das Licht brechende Zone (wenn sie vorhanden ist) und diese setzt sich bald ohne, bald mit ziemlich scharfer Grenze gegen den übrigen Zellkörper ab. Der helle Kern ist sehr deutlich, scharf contourirt und die gesammte Zelle etwas grobkörniger geworden.

An einem Backenzahn vom Schaaf zeigten die Schmelzzellen häufiger zwei Kerne, beide sind bald gleich gross, oder der obere ist kleiner; der untere ist feiner granulirt und häufig schärfer begrenzt als der obere; zwischen beiden war bald keine Einschnürung, bald eine solche vorhanden. Einzelne sehr lange, isolirte Zellen zeigten drei Kerne; doch gab es auch sehr lange Zellen ohne Kerne und diese waren meist in ihrer ganzen Ausdehnung sehr blass. Auf das innere, gewöhnlich feinkörnige, seltener mehr grobkörnige Stück folgte in der Mitte ein homogenes, nebelartiges, äusserst fein granulirtes Mittelstück mit vereinzelten gröberen Körnern, oder dasselbe ist durchaus grobkörnig. Ebenso ist der äussere gegen das Rete Malpighi gekehrte Theil mehr gleichmässig feinkörnig, ohne grobe Körner, oder aber mit solchen reichlich versehen. Bisweilen sieht man im inneren Theile grobe Körner in kreisförmiger Anordnung, wie zu einem grössern Kern gehörig, liegen oder sie sind unregelmässig zerstreut.

Mitunter sieht man auch einen hellen, wie Schmelz glänzenden Streif an der Seitenfläche der Schmelzzellen eine kurze Strecke abwärts gehen. Bisweilen gelingt es, an ganz frischen Schmelzorganen auf der Mosaik der Cylinderzellen ein das Licht stärker brechendes, homogenes Netzwerk zu erhalten, dessen Fäden den Grenzen der Schmelzzellen entsprechen und dessen Maschenräume mithin so gross sind, als der Umfang des dem Schmelze zugekehrten Zellenendes. Man findet diese Maschen nach den Thierspecies verschieden, z. B. grösser beim Hunde und Schaafe, als beim Kaninchen, entsprechend der Grösse ihrer Schmelzzellen. Das Netz streift sich leicht von den Zellen ab und löst sich auch gewöhnlich im Zusammenhange

mit dem fester gewordenen Schmelze beim Abheben desselben sofort von den Zellen los.

Das unter den Schmelzzellen liegende Malpighi'sche Netz zeigt an frisch untersuchten Präparaten in einer sehr feinkörnigen, trüben, schleimartigen, etwas dunkeln Grundsubstanz verschieden geformte, äusserst zahlreiche Kerne, die bei oberflächlicher Einstellung dunkler, bei tieferer aber heller erscheinen als die granulöse Grundsubstanz. Sie sind ebenfalls feingranulirt, doch im Allgemeinen grobkörniger als die Grundsubstanz und lassen bei Wasserzusatz oft, aber meist undeutlich ein Kernkörperchen erkennen, das auch bei Zusatz von Essigsäure nicht gerade deutlicher hervortritt. Die Kerne sind meist rundlich, oder länglich rund, einzelne sehen auch langausgezogen, fast spindelförmig aus. Sie sind in den tieferen Schichten, nach dem Alveolarperiost hin, kleiner. Dicht unter den Schmelzzellen trifft man nicht selten, besonders beim Kaninchen fast fertige, polygonale oder unregelmässig rundliche, verschieden gestaltete Zellen, an denen ein Umhüllungscontour sich gegen die Umgebung, wenn auch schwer erkennbar, absetzt, der an einzelnen bei Zusatz von Essigsäure deutlicher wird. Der Kern derselben ist gewöhnlich ziemlich gross, mit einigen gröbern Körnern versehen und etwas heller als der Inhalt des Zellkörpers. Bei Zusatz von Essigsäure treten einzelne Zellen deutlicher in mehr rundlicher Form hervor und ihr Kern zeigt bisweilen ein kleines, dunkles Kernkörperchen. Die schleimige Masse aber bildet bei Zusatz dieser Säure häufig viele ziemlich grosse, helle Blasen, in und neben denen die Kerne des Rete Malpighi liegen.

Diese granulöse Masse mit den in ihr enthaltenen Ge-

bilden wird nach aussen von einer hellen, homogenen Bindesubstanzlamelle überzogen, die bei der Trennung des Schmelzorgans vom Periost der vorderen Alveolenwand am ersteren haften bleibt und sich daran durch ihre Falten und verschieden zahlreichen Streifen bemerkbar macht. Oder diese Lamelle fehlt und dann ist die Grenze zwischen Alveolenperiost und äusseren Grenze des Schmelzorgans schwieriger zu finden. Sie geht nicht in gleicher Ebene über die Aussenfläche des Schmelzorgans hinweg, sondern sie senkt sich wellenförmig gebogen mit unregelmässigen Einbuchtungen mehr oder weniger tief in das Rete Malpighi ein. Dadurch wird dieses in verschieden geformte und verschieden grosse, meist rundliche, nicht von einander ganz getrennte, sondern (an der andern Fläche) stets unter sich zusammenhängende, klumpenförmige Abtheilungen gebracht. Meist ist ihre Form halbkuglig, oder elliptisch, aber auch unregelmässig hin und her gebogen u. s. w. (vgl. Fig. 15 u. 16). Jede solche klumpenförmige Abtheilung umschliesst je nach ihrer Grösse mehr oder weniger granulöse Masse und Kerne. Manchmal ist nur ein, manchmal sind zehn und mehr Kerne in einer solchen Abtheilung vorhanden. Sie liegen ziemlich nahe an einander und sind nur durch geringe Zwischenräume geschieden, die jedoch je nach der Thierspecies und nach dem Alter verschieden sind. Da, wo mehrere grössere Vorbuchtungen nahe an einander liegen, befinden sich kleinere, flachere oder einzelne Kerne dazwischen. So erhält die äussere Fläche des Schmelzorgans ein unregelmässig wellenförmiges, buchtiges Aussehen. Besonders stark ausgeprägt sind diese Vorbuchtungen bei der Ratte und beim Eichhörnchen, weniger schön beim Kaninchen. Bei letzterem sind die klumpenförmigen Abtheilungen sehr

flach und manchmal nicht recht deutlich ausgeprägt. — Auch bei einem jungen Hasen war die klumpenförmige Anordnung des Rete Malpighi nicht so deutlich. Die unter den Schmelzzellen befindlichen, mehrfachen Lagen von Kernen und undeutlichen Zellen waren mehr in gleichmässiger Ebene, nicht in solchen wellenförmigen Vorbuchtungen angeordnet; doch waren an sehr vielen Stellen flach vorgewölbte Theile nicht zu verkennen. — Bei einem eben geworfenen Kaninchen war die wellenförmige, klumpige Anordnung gleichfalls nicht deutlich entwickelt. Das Rete Malpighi enthielt fast nur Kerne und nur hie und da einen nicht scharfbegrenzten Körper mit einem Kern, ähnlich einer Zelle. Sämmtliche Gebilde waren fein granulirt, aber ohne scharfe Begrenzung.

An in doppelt chromsaurer Kalilösung aufbewahrten Präparaten sind im Rete Malpighi des Schmelzorgans vom Kaninchen nicht selten Zellen mit sehr deutlichem, meist hellerem, gröber granulirtem Kern zu finden; ebenso an solchen, die mit Glycerin behandelt wurden. Die Granulirung der Zellen trat dabei auch stärker hervor. Es werden mithin durch diese Reagentien in der granulösen Masse des Rete Malpighi, welche frisch untersucht gegen das Alveolarperiost hin keinerlei Zellengrenzen und gegen die Schmelzzellen hin nur hie und da solche erscheinen lässt, wirklich zellige Gebilde mit polygonalen oder rundlichen Abgrenzungen von einander abgetheilt, welche die Kerne im Innern enthalten, die sich auch in frisch untersuchten Präparaten vorfinden. An Alkoholpräparaten tritt dieses Deutlichwerden von Zellen im Rete Malpighi nicht so ausgeprägt hervor.

Diese Lage von Kernen und wenig scharf contourirten Zellen in einer Anordnung, wie sie dem Rete Malpighi eigen

ist, kommt aber nicht blos dem Schmelzorgane der dauernd wachsenden Zähne zu. Untersucht man den noch ganz im Kiefer steckenden Eckzahn eines jungen Fuchses oder vom Hund oder vom Schwein, so findet man unter den Schmelzzellen dieselbe wellenförmig angeordnete, buchtige Lage, die aus derselben schleimigen Masse mit Kernen und unentwickelten, jungen Zellen besteht. Es sind diese Vorbuchtungen die Epithelialsprossen Kölliker's, die jedoch Waldeyer umgekehrt als vorgetriebene Bindegewebsfortsätze in das Epithel deutet.

In den Einbuchtungen zwischen diesen Epithelvorsprüngen finden sich innerhalb papillenartiger Vorsprünge des Periostes einfache, capillare Blutgefässschlingen, ganz wie in der Haut, die je nach der Grösse der Vorbuchtungen des Rete mehr oder weniger von einander entfernt sind. Sie dringen nicht in das Rete Malpighi selbst ein, sondern verbleiben in den gleich näher zu beschreibenden Bindegewebsvorsprüngen des Alveolarperiostes, aber sie umgeben mit ihren Maschen die kurzkolbigen Vorsprünge des Rete von allen Seiten. Man erkennt sie an ihren schönen Kernen (vgl. Fig. 15 u. 16).

Das Periost der vordern Alveolenwand, das man bei den Nagethieren, wollte man von seiner Entwicklungsgeschichte absehen, mit zum Schmelzorgan rechnen könnte, da es an demselben bei der Präparation gewöhnlich zum grösseren Theile hängen bleibt und da es auch vom Periost an den seitlichen und an der hintern Fläche der Alveole in seinem Bau in etwas verschieden ist, aber mit demselben continuirlich zusammenhängt, besteht aus mehreren Schichten, von denen zu äusserst eine mehr gleichmässig fein fibrilläre, nicht in Bündel geordnete Faserschicht liegt, während die quer laufen-

den Fibrillen mehr nach innen zu, doch auch abwechselnd mit jenen liegen. Auf diese fibrilläre Lage folgt weiter nach innen mehr blos feinstreifige und ungeformte Bindesubstanz mit vielen spindelförmigen und runden Kernen. Letztere Lage greift mit verschieden geformten Vorsprüngen in die Zwischenräume der Vorbuchtungen des Rete Malpighi ein, was an Querschnitten erhärteter Präparate besonders deutlich zu sehen ist. Nach der Basis der Alveole hin bleibt die äussere Lage gleichfalls nicht so fein fibrillär, sondern wird feinstreifig, wobei die Streifen in verschiedener Richtung durch einander gezogen sind. — Beim eben geworfenen Kaninchen treten die Fibrillen des Bindegewebes an der Aussenfläche des Periostes weniger deutlich hervor. — Auch sucht man die papillenartigen Vorsprünge des Periostes in das Schmelzorgan in vielen Fällen vergebens, während sie in anderen ausgezeichnet schön und zahlreich erscheinen. Das Periost an den beiden seitlichen und an der hintern Fläche der Schneidezähne entbehrt immer der Papillen, und es sind an ihm besonders die horizontal zwischen Kiefer und Zahn verlaufenden Fibrillenlagen entwickelt, zwischen und in welchen zahlreiche rundliche und zumeist spindelförmige Bindegewebskörperchen sich finden. Am zahlreichsten liegen diese Körperchen in der Zone gegen den Zahn hin und am Grunde der Alveole.

In dem geformten fibrillären Bindegewebe liegen die zahlreichen Gefäss- und Nervenstämmchen, wovon die Gefässstämmchen zum grössten Theile aus den Zweigen, welche die Kieferarterie von ihrem Kanale aus an den Zahn abgiebt, herkommen, eine reichliche Zahl aber die knöcherne, vordere Alveolenwand durchbrechend von den Zahnfleischgefässen herstammt. — Die Nerven verästeln sich reichlich,

gehen vielfach sich wiederholende Theilungen ein, werden dabei äuserst fein und durchziehen, ohne sich unter einander zu verbinden, das Periost nach allen Richtungen. Nirgends habe ich jedoch ihre Endigungen finden können.

Während so bei den vordern Schneidezähnen der hasenartigen Nager das Schmelzorgan nur an der vordern Seite und jederseits als ein schmaler, vorderer Längsstreif längs der Alveole sich findet, breitet sich das Schmelzorgan an den hinter diesen sitzenden, kleinen Schneide- oder Stiftzähnen rings in der ganzen Alveole aus und persistirt gleichfalls. Das Mundhöhlenepithel schlägt sich am Rande der Alveole um und geht eine kurze Strecke weit abwärts, worauf es ringsum der Schmelzzellenlage Platz macht.

Das Schmelzorgan der dauernd wachsenden Zähne der Nagethiere entspricht mithin in seinem Baue dem Zustande des Schmelzorgans, wie er sich bei anderen Thieren kurz vor dem Durchbruche der Zähne vorfindet. Es ist an ihm das sogenannte äussere Epithel sowie die Schmelzpulpa nicht mehr nachweisbar, sondern es ist die Schmelzpulpa geschwunden und das äussere Epithel mit dem Stratum intermedium verschmolzen, so dass das Rete Malpighi des Nagethierschmelzorgans als aus diesen beiden Gebilden zusammengesetzt anzusehen ist und mithin das ganze Schmelzorgan dieser Thiere aus dem innern Epithel, dessen Stratum intermedium und dem mit diesem verschmolzenen äusseren Epithel besteht.

In früherer Zeit ist aber auch am Nagethierschmelzorgan die Schmelzpulpa zwischen dem äussern und innern Epithel vorhanden (vgl. Fig. 18). Dieselbe bleibt am längsten am Grunde der Nagethierschneidezähne erhalten und ist hier zu

einer Zeit noch zu finden, in welcher beim Fötus der Zahn eben im Durchschneiden des Zahnwalles begriffen ist. Zu der Zeit ist der obere Theil des Schmelzorgans schon ganz in der Weise gebaut, wie im ausgewachsenen Zahne, während der tiefere Theil, welchem für das stärkere Längenwachsthum des Zahnes auch die entsprechende Verlängerung des Schmelzorgans obliegt, je weiter nach abwärts um so mehr und mehr Schmelzpulpa zwischen die auseinanderweichenden Zellen des Rete Malpighi aufnimmt.

Die Entwickelung des Schmelzorgans der Nagethierschneidezähne geht entsprechend der von Kölliker gefundenen Weise vor sich; obwohl ich die frühsten Stadien bei diesen Thieren nicht habe untersuchen können. Es wird jedoch die grosse, aus dem Kieferblastem sich hervorbildende Zahnpapille nicht allseitig gleichmässig, glockenförmig, von dem Schmelzorgan umfasst, sondern ungleichseitig, nach vorn bis zum Grunde nach hinten und zur Seite nur eine kürzere Strecke weit. Die wallförmige Epithelanhäufung über den Schneidezähnen ist mässig entwickelt, auf ihrem Querschnitt ungefähr dreieckig sich ausnehmend. Sie setzt sich nach vorn in das bleibende Schmelzorgan, nach hinten in einem nach abwärts sich verdünnenden Epithelzapfen fort, welcher, je näher der Zahn dem Durchbruche ist, um so kürzer erscheint. Die Zellen in diesem Epithelwalle über dem Kiefer sind zu oberst abgeplattet, darunter ungemein grossblasig, ungefähr sechseckig gestaltet (diese bilden die Hauptmasse der Anhäufung); in der Tiefe sind sie rundlich, ohne Membranen wie im Rete Malpighi, und in der tiefsten, der bindegewebigen Grundlage der Schleimhaut aufsitzenden Schicht sind sie kurzcylindrisch gestaltet. Der an diese Epithel-

anhäufung nach hinten sich anschliessende Theil des Schmelzorgans besteht aus drei Schichten, nämlich aus dem äussern Epithel, welches aus kurzcylindrischen oder kubischen Zellen zusammengesetzt wird, aus einigen Lagen von rundlichen, membranlosen Zellen oder dem Rete Malpighi, und endlich aus dem innern Epithel, welches jedoch statt der langcylindrischen Schmelzzellen nur kurzcylindrische Zellen aufweist, ganz vom Aussehen derer des äussern Epithels. Sie erzeugen keinen Schmelz und gehen nach vorn in die tiefste Lage der kurzcylindrischen Zellen des Epithelwalles über und bilden später, wenn die Schneidezähne durchgebrochen sind, die epitheliale Bekleidung des Alveolareinganges nach hinten und den Seiten hin.

Auch nach vorn, da wo das eigentliche Schmelzorgan sich befindet und für spätere Zeiten persistiren soll, schliesst sich an die tiefste kurzcylindrische Zellenlage des Epithelwalles das innere Epithel eine Strecke weit nach abwärts nicht in Form eines langgestreckten Cylinderepithels an, sondern es gleicht auch hier in seiner Gestalt dem äussern, indem es an Zahnlängsschnitten nach abwärts vom Epithelwalle eine mehr abgeplattete rechteckige Form zeigt, sodann würfelförmig wird und weiter nach abwärts mehr und mehr die langgestreckte Form annimmt, welche als den Schmelzzellen eigenthümlich beschrieben wird. Die Zellen des äussern Epithels sind übrigens am Grunde des Schmelzorgans ebenfalls mehr cylindrisch gestaltet und nehmen erst nach oben hin eine mehr abgeplattete oder kubische Form an. Das äussere Epithel setzt sich dann in die tiefste Lage des Rete Malpighi der Mundschleimhaut fort. — Es kommt mithin bei der Entwickelung des Schmelzorgans der Nagethierschneidezähne ein eigentlicher Hals des

Schmelzorgans nicht zur Ausbildung, indem die Zahnpapille zu rasch und zu beträchtlich sich erhebt, so dass sie bis dicht unter den Epithelwall reicht und anderntheils weil die als Schmelzorgan nach abwärts gesendete Einsenkung des Epithels vor und hinter der Papille oder vielmehr rings um dieselbe mit dem Epithelwalle in Verbindung steht.

Die Schmelzpulpa findet sich bei den noch im Kiefer verborgenen Zahnanlagen der Nagethiere, an welchen die Ablagerung der festen Zahnsubstanzen schon begonnen hat, nur in dem tiefern Theile der Epitheleinsenkung, die später zum bleibenden Schmelzorgan wird. Sie besteht aus sternförmigen Zellen mit deutlichem Kern und Kernkörperchen, die Fortsätze gehen selten regelmässig radienartig nach allen Seiten hin, sondern zahlreicher parallel der Längsrichtung des Zahnes nach auf- und abwärts. —

Man hat der Schmelzpulpa überhaupt verschiedene Functionen zugesprochen. Nach Hertz und Kollmann gehen die Zellen derselben allmählich in Zellen des Stratum intermedium über (nach Letzterem ausserdem noch in Gebilde des Zahnsäckchens). Kölliker und Waldeyer dagegen lassen das Gewebe der Schmelzpulpa einer einfachen Atrophie unterliegen, ohne jedoch über den Modus dieser Atrophie weitere Aufschlüsse zu geben. Von den beiden erstgenannten Autoren wurden im Gegensatze hierzu die Zellen der Pulpa besonders in der Region des Stratum intermedium in Vermehrung begriffen gefunden.

Die Schmelzpulpa, welche im einfach zapfenförmigen Schmelzkeim noch nicht vorhanden ist, entwickelt sich, sobald derselbe aus dieser Form in eine mehr glocken- oder kegelförmige Gestalt übergeht und zwar in der Art, dass von

der Mitte des Kegels aus die vordem rundlichen zelligen Gebilde in sternförmige Elemente sich umformen, indem zwischen ihnen eine helle Intercellularflüssigkeit ausgeschieden wird. Nach Waldeyer drängt letztere, zunächst und unabhängig von den Zellen entstehende, die Zellen auseinander und nöthigt sie, da sie schon vordem unter einander zusammenhingen, zu ihrer sternförmigen Gestalt. Nach Hertz und Kollmann dagegen sind bei dieser Entstehung der Pulpa die Zellen das mehr thätige Element, und die Zwischenflüssigkeit das dabei entstehende Product; und auch mir scheint diese letztere Annahme am wahrscheinlichsten. Denn spielte die von aussen, von den umgebenden Blutgefässen her eindringende Flüssigkeit die wichtigste Rolle bei diesem Processe, so müsste das Auseinanderweichen und Sternförmigwerden der Pulpazellen doch eher von der Peripherie gegen das Centrum des Schmelzorgans vorwärtsschreiten, entsprechend der Nähe der Blutgefässe, als umgekehrt; ja es müssten dann auch die Cylinderzellen des äussern Epithels auseinanderweichen. — Das Auftreten der Schmelzpulpa geschieht früher, als sich die ausgeprägte Cylinderform der Zellen des innern Epithels entwickelt, und es sind zu dieser Zeit die Zellen des äussern Epithels von schönerer Cylinderform als die des innern. Dem Erscheinen der schlanken Cylinder des innern Epithels geht nämlich ein Stadium voran, in welchem dasselbe nur aus kleinen rundlichen oder kurzcylindrischen Elementen besteht.

Das Schwinden der Schmelzpulpa aber beginnt regelmässig dann, wenn die erste Bildung des Schmelzes und des Zahnbeins sich vollzieht, so dass es scheint, dass die Schmelzpulpa nur die Bedeutung einer Ausfüllungsmasse hat, welche

vergeht, sobald der abzusetzende Schmelz und das auszuscheidende Zahnbein ihren Platz beanspruchen; wie auch Waldeyer neuerdings angiebt. Hierbei schwindet die Zwischenflüssigkeit zunächst, sei es dass sie von den umgebenden Zellen aufgesogen wird, sei es dass sie nach aussen hin durch das sehr dünn und undeutlich gewordene äussere Epithel hindurch von den Gefässen des Zahnsäckchens aufgenommen wird. Dass aber bei diesem Vorgange die Zellen der Schmelzpulpa einer einfachen Atrophie unterliegen sollten, ist mir nicht wahrscheinlich geworden. Vielmehr bemerkt man, bevor die Ausscheidung des Schmelzes beginnt, an allen Orten der Schmelzpulpa, nicht blos, wie Hertz angiebt, gegen das Stratum intermedium hin, hin und wieder Zeichen der Vermehrung ihrer Elemente, und zwar theils biscuitförmige Kerne, oder seltener 2, 3, selbst bis 4 Kerne in einem Zellkörper, oder zwei dicht an einander liegende und breit zusammenhängende Zellkörper. Die Richtung der Zellkörper ist dabei verschieden; bald verfolgen sie mehr eine senkrechte Richtung, wenn das Schmelzorgan in die Länge gestreckt ist, bald mehr eine wagrechte, wenn die Schmelzpulpa eine sehr beträchtliche Dicke erreicht. An den Stellen aber, wo die Schmelzpulpa an das Stratum intermedium angrenzt oder da wo sie ganz schwindet, so dass das Schmelzorgan oberhalb solcher Stellen blos aus der Lage der Schmelzzellen und dem Stratum Malpighi (d. i. das Stratum intermedium sowie das mit letzterem völlig verschmolzene äussere Epithel) besteht, zeigen die Schmelzpulpazellen ein von dem übrigen in etwas abweichendes Verhalten. Es nimmt nämlich ihre und ihrer Kerne Grösse im Durchschnitt zu, ihre Fortsätze werden kürzer, ihr Protoplasma wird körniger, die mit einer differenten

Intercellularflüssigkeit gefüllten Zwischenräume werden kleiner und schwinden endlich im Stratum Malpighi ganz, so dass man dann die Grenzen der einzelnen, dicht aneinandergefügten Zellen nicht mehr anzugeben vermag. Es geschieht somit der Uebergang der Schmelzpulpa in das Stratum intermedium in allgemachlicher Weise, nicht scharf und plötzlich. Auch sind die oben angegebenen Zeichen einer Zellenvermehrung in diesen Regionen nicht selten anzutreffen. Alle diese morphologischen Verhältnisse deuten hiernach darauf hin, dass die Zellkörper beim Schwinden der Schmelzpulpa nicht einfach atrophisch werden, sondern an der Bildung des Stratum Malpighi des Schmelzorgans sich betheiligen. So kommt es, dass das Stratum Malpighi an Grösse zunimmt, wenn die Schmelzzellen sich verlängern und zur Absetzung des Schmelzes sich anschicken. Würden die Zellen der Schmelzpulpa einer Atrophie unterliegen, so müsste man doch Zeichen irgend einer Art der rückschreitenden Metamorphose oder ein Schwinden der Kerne u. s. w. bemerken können.

Hinsichtlich der Angaben über die Beschaffenheit, die Verbindungen und die Vermehrung der Schmelzzellen giebt es ebenfalls differirende Angaben, auf die hier, bevor wir die Entwickelung des Schmelzes genauer erörtern, zunächst eingegangen werden soll.

Die Schmelzzellen gleichen vier- oder sechsseitigen Säulen oder meistentheils, wie ich Kollmann gegen Waldeyer beistimme, kegelförmigen oder pyramidalen Gebilden, welche ihre Basis gegen das Zahnbein nach der Axe des Zahnes hin kehren, mit ihrem spitzeren Ende aber nach aussen gegen das Rete Malpighi des Schmelzorgans gerichtet sind. Die Schmelzzellen zeigen ein deutlich körniges Protoplasma

und fast regelmässig einen ovalen oder kugligen Kern. Auch eine *Membran*, oder eine das Licht in anderer Weise brechende, hellere, gleichmässige, dünne Grenzschicht ist an ihnen deutlich an den Seiten und an der gegen die Zahnpapille hin gekehrten Basis nachweisbar, während sie nach aussen gegen das sehr oft zugespitzte Ende der Zellen nicht mehr so deutlich bleibt. Besser als im frischen Zustande lässt sich diese Membran an mit Salz- und Chromsäure oder mit doppelt chromsaurem Kali behandelten Präparaten nachweisen. An der Basis der Schmelzzellen ist diese Membran noch deutlicher als an den Seiten erkennbar und zwar schon beträchtliche Zeit früher als die Entwickelung des Schmelzes sich einleitet. Je länger die Schmelzzellen werden und je näher die Zeit rückt, da der Schmelz abgesetzt werden soll, um so deutlicher und breiter entwickelt sich auch dieser Saum an der Basis der Schmelzzellen, so dass sein Aussehen an eine besondere Cuticula oder Basalmembran erinnert und es wird so, da sämmtliche Schmelzzellen in regelmässigen Linien den Zahnkeim begrenzen, der Anschein einer zwischen beiden liegenden Membran erzeugt, die verschiedene Deutungen erfahren hat, die aber beim Isoliren der Schmelzzellen an diesen hängen bleibt und deshalb keineswegs mit dem Zahnkeim in irgend einer Beziehung steht, sondern allein zu den Schmelzzellen gehört. Aber auch an diesen stellt sie keine allen gemeinsame Decke dar, sondern sie besteht aus so viel Theilstücken, als Schmelzzellen vorhanden sind, so dass jede Schmelzzelle entsprechend wie die Cylinderzellen des Darmcanals mit einem schmalen, hellen, gleichartigen Basalsaum besetzt ist. Dieser Saum ist kurz vor Absetzung des Schmelzes deutlicher nachweisbar, als während derselben.

Diese Deckel der Schmelzzellen kann ich mit Kollmann nur als die Ursache für die Annahme des Huxley-schen Häutchens oder einer Membrana praeformativa ansehen, sobald es gelingt, sie für sich, aber unter einander zusammenhängend, zu isoliren.

Das Protoplasma der Schmelzzellen verhält sich an Chrom-Salzsäure-, oder doppelt chromsauren Kali-Präparaten nicht durch den ganzen Zellkörper in gleicher Weise, sondern es ist reichlicher und gröber granulirt am äussern, nach dem Rete Malpighi hin schauenden Theile der Zelle bis gegen den Kern hin. Vom Kern nach innen gegen die Axe des Zahns hin folgt gewöhnlich eine zwar eben so grob, aber seltener granulirte Partie, und erst dicht unter dem Deckel folgt eine sehr reichlich und sehr fein granulirte, auf den ersten Blick fast gleichartig erscheinende Innenzone, welche sich auch bei Färbung mit Carmin vom übrigen Protoplasma durch differentes Verhalten abhebt.

Der Kern von kugliger oder meist ovaler Gestalt liegt gewöhnlich näher dem äussern sich zuspitzenden Ende, doch liegt er auch gar nicht selten gegen die Mitte oder selbst unweit des innern Endes der Zelle, nicht wie Waldeyer und Hertz glauben, immer am äussern Ende. Dies Verhalten in der Lage des Kernes scheint mit der Art des Wachsthums der Zellen in Beziehung zu stehen. Das Wachsthum der Schmelzzellen soll nach Kölliker allein am Schmelzende geschehen, nach Waldeyer, Hertz und Kollmann dagegen am äussern, dem Stratum Malpighi zugewandten Ende. Zur Unterstützung seiner Ansicht führt Kölliker an, dass noch Niemand eine Betheiligung der Kerngegenden an der Schmelzbildung wahrgenommen habe, da die Kerne der Schmelzzellen

nicht von der Stelle rücken, und überdem sei die Schmelzmembran während der Schmelzbildung gegen die Schmelzpulpa scharf abgesetzt, so dass deshalb ein Wachsthum der Schmelzzellen auf Kosten der angrenzenden Theile der Schmelzpulpa unwahrscheinlich sei. Gegen diese Gründe ist das eben erwähnte Variiren der Kerne in ihrer Lage im Innern der Zellen anzuführen, vom äussern Ende derselben an bis nahe an das Schmelzende, so dass man hierbei sehr wohl an ein allmäliges Vorrücken der Kerne vom äussern Ende, allwo sie am häufigsten sich befinden, gegen den Schmelz hin denken kann. Meistens bieten diese mehr gegen die Basis (Schmelzende) hin liegenden Kerne keine Verschiedenheiten von den anderwärts befindlichen Kernen; mitunter sind sie jedoch auch weniger scharf begrenzt und gleichen alsdann blos rundlichen Anhäufungen gröberer Körner, so dass man dabei an ein Schwinden und Auflösen derselben denken kann. — In Hinsicht auf die von Kölliker angegebene scharfe Grenze der Schmelzzellen gegen das Rete Malpighi hin ist zu erwähnen, dass dieselbe weder überall noch zu allen Zeiten zu bemerken ist. Am besten ausgeprägt ist sie an kürzeren Schmelzzellen und überhaupt zu einer Zeit, wo die Schmelzbildung noch nicht im Gange ist. Später, wenn die Schmelzzellen länger geworden sind und besonders wenn die Schmelzbildung mehr und mehr vorschreitet, ist diese Grenze an den meisten Stellen nicht mehr deutlich, sondern Schmelzzellen und Stratum intermedium gehen in einander über. Auf Grund dieses Verhaltens stimme ich den oben genannten Autoren bei, wenn sie das Wachsthum der Schmelzzellen an deren äusseres gegen das Rete Malpighi hin sehendes Ende verlegen.

Man bemerkt überhaupt, dass die Schmelzzellen da, wo sie weit von dem Orte der Schmelzbildung entfernt sind oder zu einer Zeit, wo noch kein Schmelz sobald gebildet wird, kürzer sind als später, wo sie functioniren oder wo sie dem Zeitpunkte ihres Functionirens näher gerückt sind. Ebenso sind sie zu jener Zeit schärfer, gleichsam wie durch eine Linie, gegen das Rete Malpighi abgesetzt und haben eine mehr regelmässige cylindrische Form, indem sie gegen das Rete Malpighi hin mit quer abgestutzter Fläche enden. Später, wenn sie länger werden, verliert sich ihre scharfe Abgrenzung gegen das Rete Malpighi mehr und mehr und es treten die äusseren, stielartig verlängerten Enden der Schmelzzellen mehr oder weniger verschmälert mit den Zellen des Rete Malpighi in Verbindung. Wegen dieses Zusammenhanges der Schmelzzellen mit den zelligen Gebilden des Rete Malpighi sieht man an isolirten, langen Schmelzzellen nicht allzuselten 2 oder 3 Kerne, wovon aber nur einer der Schmelzzelle angehört.

Auch in Hinsicht auf die Vermehrung der Schmelzzellen bestehen zweierlei Ansichten. Nach Kölliker nämlich soll die Vermehrung dieser Gebilde hauptsächlich durch Längstheilung derselben stattfinden, während Waldeyer, Hertz und Kollmann einer Vermehrung derselben durch Neubildung von Seiten des Rete Malpighi aus das Wort reden. Die Erfahrungen, welche ich zur Beantwortung dieser Frage gemacht habe, bestimmen mich, ebenfalls auf Seite der letztgenannten Autoren zu treten. Denn nicht blos der Zusammenhang der Schmelzzellen mit den Zellen des Rete Malpighi durch ihr stielartiges, äusseres Ende spricht für dieses Verhalten, sondern auch das Vorkommen von spindelförmigen Zellen, welche sich vom Rete Malpighi her zwischen die wohl-

ausgeprägten Schmelzzellen einschieben und welche in ihrer Grösse zwischen derjenigen der Schmelzzellen und derer des Rete Malpighi stehen, und deshalb nicht bis an die innere Grenze der Schmelzmembran hinreichen. Ferner geht, wie oben bereits erwähnt ist, der Entwickelung der ausgebildeten Cylinderform des innern Epithels im jungen Schmelzorgan ein Stadium vorauf, in welchem die Elemente des innern Epithels fast ganz denen des Rete Malpighi gleichen. Endlich habe ich bisher eine Längstheilung langer Cylinderzellen nicht beobachten können. Bin ich auch damit nicht gemeint, diese Art der Vermehrung von Cylinderzellen in Frage zu stellen, so halte ich mich doch durch meine Befunde für überzeugt, dass dieser Modus der Zellvermehrung bei den Zellen der Schmelzmembran kein besonders häufiger sein mag.

Ueber die Beziehung der Entwickelung des Schmelzes zu den Schmelzzellen stehen gegenwärtig ebenfalls zweierlei Anschauungsweisen einander gegenüber.

Nach der einen Ansicht entsteht der Schmelz durch directe Petrification der Schmelzzellen. Dieselbe wird neuerdings durch Tomes, Waldeyer und Hertz vertheidigt, und ist zuerst von Schwann aufgestellt worden. Die andere Theorie lässt dagegen den Schmelz durch die Schmelzzellen in der Art ausgeschieden werden, dass je eine Schmelzzelle ein Schmelzprisma absondert und mithin das Ausscheidungsproduct jeder Zelle eine gewisse Selbstständigkeit bewahrt. Sie wird gegenwärtig von Kölliker und Kollmann vertreten und gestützt. Sie war früher die herrschende Ansicht und wurde durch Purkinje-Raschkow zuerst präciser

formulirt; dann aber durch die Schwann'sche Theorie eine Zeit lang verdrängt. Hierauf wurde sie zunächst durch Huxley rehabilitirt und dann von Lent genauer begründet. Huxley liess den Schmelz unter einer von ihm gefundenen structurlosen Haut, die er mit der von Raschkow aufgestellten Membrana praeformativa identificirte, ganz unabhängig von den Zellen der Schmelzmembran entstehen, indem er diese zwischen Schmelz und Schmelzzellen zu jeder Zeit der Entwickelung befindliche Haut für ein secretorisches Organ gehalten zu haben scheint. Lent bestätigte diese Membran, bezog aber die Bildung des Schmelzes auf die secretorische Thätigkeit der Schmelzzellen, welche durch dieses Häutchen hindurch ihr Secret absetzten, welches hierauf Kalksalze aufnimmt und fest wird. Dabei müsste jedoch das Secret einer jeden Schmelzzelle eine gewisse Selbstständigkeit bewahren, damit es nicht mit den Ausscheidungen benachbarter Zellen verschmilzt, sondern die Bildung von selbstständigen Prismen, wie sie dem Schmelz eigenthümlich sind, vermittelte. Schliesslich geht dieses Häutchen nach Lent in das Schmelzoberhäutchen über, wie auch Huxley angenommen hatte. Tomes zeigte hierauf, dass diese Membr. praeformat. oder das Huxley-sche Häutchen, dessen Vorhandensein die Annahme der directen Verkalkung der Schmelzzellen unmöglich machte, nichts anderes als die jüngste Lage des in Bildung begriffenen Schmelzes sei. Jede Säule der Schmelzmembran besteht nach ihm aus einer zarten Membran, in welcher ein oder mehrere Kerne und zwischen ihnen granuläre durchscheinende Massen liegen. Jede Schmelzzelle betheiligt sich nun in der Art bei der Schmelzbildung, dass zuerst nur die Hülle am inneren Ende der Säule Kalksalze aufnimmt, worauf sich die Säulen

seitlich verbinden. Die centrale weichgebliebene Partie der Zelle ragt in diese verkalkte Säule als Tomes'scher Fortsatz hinein. Dieser verkalkte Theil der Schmelzzellen bricht leicht von dem noch weichen unveränderten Theile ab und so bieten die ersteren von der Fläche aus betrachtet das Aussehen einer netzförmigen Membran, d. i. die Huxley'sche Haut.

Waldeyer erklärt ebenfalls das durch Säure von der Oberfläche des sich bildenden Schmelzes ablösbare Huxley-sche Häutchen für ein Kunstproduct, nämlich für die jüngste noch am wenigsten Mineralbestandtheile enthaltende Schmelzschicht und Hertz stimmt ihm darin bei. Waldeyer beobachtete sodann, dass die Schmelzzellen den Schmelzprismen direct anliegen, ohne dass ein fremder Bestandtheil zwischen beiden zu entdecken ist. Hertz hat dagegen bemerkt, dass der Uebergang der Schmelzzellen in die Schmelzprismen am jungen sich entwickelnden Schmelz scheinbar kein directer ist, sondern dass zwischen beiden eine homogene, helle, schmale Zone vorkommt, die beim Isoliren bisweilen deutlich an den Schmelzprismen hängen bleibt. (Seine Abbildung zeigt jedoch diese Zone mehr als zur Zelle gehörig, mindestens aber eben so deutlich vom Schmelz als von der Zelle abgesetzt.) Er hält diese Zwischenzone für einen chemisch differenten Theil der Schmelzzellen oder für eine Vorbereitungsstufe des Protoplasmas für den Process der Schmelzbildung. Diese Vorbereitung sowohl als die Petrification gehen schubweise vor sich, und daraus erklärt Hertz die Querstreifung des Schmelzes. Gegen Säuren ist jedoch diese helle Zone weniger widerstandsfähig als die Zellen, weswegen der Zusammenhang zwischen Schmelzprismen und Zellen ein sehr lockerer ist, was auch Schwann bereits wusste. Keinenfalls

aber stellt diese Zone die Membrana praeformativa der Autoren dar, denn sie greift in die einzelnen neben einander liegenden Zellen verschieden tief herab und ist an den isolirten Schmelzzellen seitlich scharf begrenzt vorhanden. — Zur Stütze für die directe Verkalkung führt Waldeyer ausserdem noch an, dass die Schmelzzellen häufig mit kleinen Bruchstücken von Schmelzprismen auf das Innigste verbunden sind, die als unmittelbare Fortsetzung der Zellen an letzteren gern haften bleiben. Ferner ist die Versteinerungsgrenze an den Zellen durchaus keine lineare, sondern unregelmässig, in die Schmelzzellen sich einknickend. Wird endlich junger Schmelz mit Säuren behandelt, so quellen die Schmelzprismen etwas auf, nehmen ganz die Form der früheren Cylinderzellen an und an den Längsseiten tritt selbst eine deutlich membranöse Begrenzung auf.

Kölliker hält die directe Umwandlung der Schmelzzellen in Schmelz deshalb für unmöglich, weil diese Zellen in allen Stufen der Schmelzbildung und auch dann noch, wenn derselbe ganz fertig ist, in ganz derselben Weise vorhanden sind, und deswegen soll der Schmelz nach Art der Cuticularbildungen von den Schmelzzellen ausgeschieden werden. Ausserdem hinterlasse der Schmelz nach dem Ausziehen der Erdsalze nichts, was als zellige Grundlage derselben anzusehen sei.

Nach Kollmann, welcher die Deckel der Cylinderzellen des Schmelzorgans gesehen hat und sie in ihrer Gesammtheit als Membrana praeformativa auffasst und später zum Schmelzoberhäutchen werden lässt, ist die Schmelzbildung das Product einer Ausscheidung von Seiten der Schmelzzellen, da man nicht anders als durch osmotische Vorgänge, welche durch die

Deckel hindurch geschehen, die Entstehung des Schmelzes sich erklären kann.

Nach meinen Erfahrungen kann ich nicht anders, als Kölliker und Kollmann beistimmen. Es scheint allerdings, wenn man dickere Quer- oder Längsschnitte vom Schmelzorgan mit dem abgesetzten Schmelz anfertigt, als ob die Schmelzzellen sich direct in die Schmelzprismen fortsetzten, indem die beide Gebilde von einander scheidende Grenzlinie alsdann nicht scharf genug hervortritt. Hat man dagegen feine Schnitte vor sich, welche blos eine Lage Schmelzzellen und Prismen enthalten, dann bemerkt man zwischen beiden ganz deutlich eine scharfe regelmässige Grenzlinie, und diese gehört den Schmelzzellen an. Denn man sieht deutlich, wie die Seitenmembran sich in die innere, die Basis der Zelle verschliessende, häufig sogar etwas dickere Membran fortsetzt, welche die Schmelzzelle von dem dicht anhaftenden Schmelzprisma scheidet. Ebenso beobachtet man an nicht verletzten isolirten Schmelzzellen, oder an ganzen regelmässigen Reihen solcher unversehrter Zellen, dass das innere, gewöhnlich breitere Ende nicht offen ist, sondern eben so wie die seitlichen Wandungen der Schmelzzellen von einer besonderen Grenzschicht abgeschlossen ist. Diese innere Grenzschicht der Schmelzzellen erkennt man aber auch schon zu einer Zeit, wo noch gar kein Schmelz abgesetzt wird; ja sie ist in diesem Falle gewöhnlich deutlicher ausgeprägt vorhanden, als in späterer Zeit, und stellt zwischen Schmelzzellen und Zahnpapille eine scharf ausgesprochene Abgrenzung dar, so dass sie den Eindruck einer besonderen Membran zwischen beiden erzeugen kann. Ist diese innere Membran an den Schmelzzellen ziemlich dick, dann kann sie gegenüber der Zelle eine

gewisse Selbstständigkeit erlangen und in ihrer Art und Weise an die Cuticula der Darmcylinder erinnern. In solchen Fällen kann man sie sogar isolirt erhalten. Alsdann findet man sie an Schnitten, an denen einige Zellen ausgefallen sind, brückenartig über die Lücke von einer Zelle zur andern hinübergespannt, wie Kollmann bereits bemerkt hat. Wenn keinerlei störende Einflüsse eingewirkt haben, ist die Basal- oder innere Fläche der Schmelzzellen glatt und eben. Ist dieselbe gezackt, geknickt, zugespitzt u. s. w., so sind dies Abweichungen von dem gewöhnlichen Verhalten, die bald durch die Einwirkung der Reagentien, bald durch mechanische Einflüsse erzeugt worden sind.

So erhält man bei Schiefschnitten der Schmelzzellen ganz regelmässige Reihen derselben, deren inneres Ende membranlos ist und bald zugespitzt, convex oder sonst mehr oder weniger unregelmässig begrenzt aussieht, wodurch der Anschein von den Zellen anhängenden (Tomes'schen) Fortsätzen entsteht. Bei Einwirkung von Säuren bleibt die Begrenzung der Zellen, wie sie ist, und ebenso bleibt dieselbe am innern Ende der Zellen bemerkbar; es wird nur die Granulirung des Protoplasma's und des Kerns gröber und deutlicher. Ein wirkliches Zusammenfliessen der innern Membran der Cylinderzellen zu einer Membran oder überhaupt das Dazwischenliegen einer solchen zwischen Schmelz und Schmelzzellen habe ich nicht finden können, wie es z. B. Lent und Huxley beschrieben. Allein die Membranen der Cylinderzellen bilden zwischen beiden die Grenze.

Bei der Entscheidung, welcher der beiden Theorien der Schmelzbildung man sich zuneigt, wird es sich nur darum handeln, ob man Producte der Zelle, welche ausserhalb ihrer

Membran liegen, noch zur Zelle rechnet oder nicht. Rechnet man solche ausserhalb der Zelle liegende umgewandelte Substanz noch formell zur Zelle, so müsste die ganze Formenlehre und Begriffsbestimmung der Zelle geändert werden. Der Schmelz kann nur dann als directes Umwandlungsproduct der Schmelzzellen, mithin als formell noch zur Zelle gehöriges Gebilde angesehen werden, wenn durchaus keinerlei Grenze zwischen beiden besteht, sondern ein allmählicher Uebergang von dem einen zum andern, so dass es eine Zone giebt, welche man weder dem einen noch dem andern zuzählen kann, die zugleich mit beiden so zusammenhängt, dass gegen dieselbe weder die Schmelzprismen noch die Schmelzzellen durch eine scharfe Begrenzungslinie oder durch eine Membran abgesetzt wären. In solchem Falle müssten die Schmelzzellen mit ihren Seitenmembranen direct in die seitlichen Begrenzungslinien der Prismen sich fortsetzen und das Protoplasma der Schmelzzellen ohne Unterbrechung in die eigentliche Substanz der Prismen übergehen. Allein die Membran der Schmelzzellen scheidet als Grenze deutlich das innere Ende derselben von dem dicht anliegenden Prisma. Dieselbe ist auch schon zu einer Zeit vorhanden, wo noch kein Schmelz abgesetzt ist, weshalb sie nicht als eine Uebergangszone, die zwischen Protoplasma der Schmelzzellen und Schmelzprismen eingeschoben ist, angesehen werden kann. Wenn einzelne Schmelzstückchen an den Schmelzzellen hängen bleiben, ist die Membran der Zellen deutlich vorhanden, sobald letztere nicht verletzt sind und die Aneinanderlagerung beider Gebilde nicht durch blossen Zufall geschehen ist.

Die Geneigtheit, eine directe Umwandlung der Schmelzzellen in die Schmelzprismen anzunehmen, wird aber beson-

ders begründet durch die scharfe Abgrenzung der Producte der einzelnen Zellen, d. i. der einzelnen Schmelzprismen gegen einander, weil man glaubt, dieses Factum besser durch die Theorie der directen Umwandlung erklären zu können, als durch die der Ausscheidung. In der That richtet sich ganz nach dem Durchmesser der Schmelzzellen derjenige der Schmelzprismen bei den verschiedenen Thierspecies, und es stellt die Flächenansicht der jüngsten Schmelzlage, einen genauen Abguss derselben Ansicht, der innern Enden der Schmelzzellen dar, und mithin ist die Einwirkung und die Betheiligung der Schmelzzellen an ihrem Producte eine viel directere, als es z. B. beim Zahnbein, Cement und Knochen der Fall ist*). Wie diese Formirung der Prismen entsteht, kann nur durch Betrachtung der jüngsten Schmelzlage entschieden werden, und an dieser sieht man, dass die erste Platte von Schmelz sofort in der Weise angelegt wird, dass die einzelnen Zellantheile oder Schmelzprismen sich gegenseitig von einander scheiden, indem entsprechend den Begrenzungen der Schmelzzellen ein helles Gitter oder Netzwerk von Schmelzfäden entsteht, während dessen Maschen oder Lücken anfänglich noch unausgefüllt erscheinen, doch aber schon bei einer geringen Dicke der Schmelzlage sich verkleinern und consolidiren (vergl. Fig. 17). Auch auf dem Querschnitt durch solche ganz dünne Schmelzlagen erscheinen die ganz kurzen,

---

*) In meiner früheren Arbeit hatte ich mich hinsichtlich beider Theorien der Schmelzbildung nicht scharf ausgesprochen, indem ich nur angab, dass „eine directe Betheiligung der Schmelzzellen bei der Schmelzbildung wahrscheinlich sei“. Meine daselbst gemachten Angaben liessen sich für beide Theorien verwerthen. Ich hatte damals mehr frische Präparate oder isolirte Theilchen und Flächenansichten, aber weniger Durchschnitte benutzt.

kaum quadratischen Prismenanlagen ausgehöhlt oder mindestens von einer anders das Licht brechenden Substanz im Innern erfüllt, da sie sonst durchaus gleichmässig erscheinen müssten. Möglicherweise hängt mit diesem Hohlsein der ersten Prismenanlagen die Fortsetzung von Zahncanälchen in den Schmelz hinein zusammen. Die Resistenz dieser ersten Schmelzplatte wird übrigens nicht durch imprägnirte Kalksalze bedingt, da sie weder von Eisessig noch durch Salzsäure besonders angegriffen wird. Es werden deshalb jedenfalls die organischen Bestandtheile des Schmelzes zuerst abgesetzt, analog wie dies beim Zahnbein geschieht, und dann erst nachträglich darein die Kalksalze importirt. Ebenso bemerkt man, wenn man Querschnitte von Schmelz und Schmelzorganen mit Essigsäure oder Salzsäure behandelt, dass die älteren Abtheilungen der Schmelzprismen sehr bald und gewöhnlich vollständig der Einwirkung der Säure unterliegen, während die jüngeren, an den Schmelzzellen anliegenden Theile derselben viel später angegriffen werden und einen unregelmässig aussehenden Rest zurücklassen, der aus einer homogenen mattglänzenden äusserst fein granulirten Substanz besteht, in der die Abtheilung in Prismen oder Fasern nur noch wenig ausgeprägt ist, und zwar besser gegen die Schmelzzellen als gegen das Zahnbein hin. Dass diese Abtheilungen in ihrer Form mit den Schmelzzellen eine besondere Aehnlichkeit hätten, habe ich nicht finden können; es ist dafür ihr von den Schmelzzellen abgekehrtes Ende zu unregelmässig und ihre seitliche Begrenzung nicht scharf genug. Ebensowenig sind sie geeignet, als besondere Membran angesehen zu werden.

Die Imprägnirung der Kalksalze in den Schmelz erfolgt sofort in gleichförmiger, homogener Weise, nicht in Form von

feinsten Körnchen, die unter sich zu grösseren verschmelzen und darauf zu unregelmässig begrenzten kugligen Gebilden zusammenfliessen, wie beim Zahnbein.

Die Entstehung des Schmelzoberhäutchens werde ich in späteren Mittheilungen besprechen.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Flächenansicht der jüngsten Zahnbeinschicht vom Grunde des Schneidezahnes des Kaninchen. Bei **a** liegen rundliche Dentinzellen in helleren Maschen von Zahnbeingrundsubstanz; bei **b** ist die Configuration der letztern allein sichtbar; bei **c** Beginn der Einlagerung der Kalksalze und Verengerung der Gruben der Grundsubstanz zu trichterförmigen Eingängen der Zahnkanälchen. $^{330}/_{1}$

Fig. 2. Flächenansicht eines höher gelegenen als durch Fig. 1 dargestellten Zahnbeinstückes von Cavia cobaya (Meerschweinchen). Die Dentinzellen sind deutlich nach Art eines Epithels angeordnet (**a**), sie verschmälern sich so, dass sie ganz in den Dentinfortsatz übergehen. Bei **b** gehen abgerissene Dentinfortsätze in die Zahnkanälchen, bei **c** sind sie ganz entfernt. Die Zahnkanälchen liegen annähernd in Reihen. $^{330}/_{1}$

Fig. 3. Die Dentinzellen liegen nach Art eines Epithels, die Zahnkanälchen, in welche hie und da abgerissene Zahnfasern eindringen, liegen in unregelmässigen Reihen. Innere Fläche eines Backzahns von Cavia cobaya. $^{330}/_{1}$

Fig. 4. Unterste Zone des Schneidezahns vom Eichhörnchen. Zwischen cylindrischen Säulchen liegen Rinnen, in welche die Dentinzellen mit ihren Dentinfortsätzen hereingehen. $^{330}/_{1}$

Fig. 5. Vom Schneidezahne eines Kaninchens. Bei **a** im jüngsten Zahnbein kleinere Lücken für die Dentinfortsätze; bei **b** eine Zone von unverzahntem Zahnbein, welche zwischen den Eingängen der Zahnkanälchen kegelförmig zwischen die Dentinzellen hereinragende Vorsprünge trägt. Die Gruben für die Dentinzellen zeigen häufig kleinere Abtheilungen für mehrere Dentinfortsätze derselben. Bei **c** Einlagerung der Kalksalze. $^{330}/_{1}$

Fig. 6. Querschnitt eines frischen Schneidezahns von Sciurus europaeus. Bei **a** peripherische Pulpalage. Bei **b** rundliche Dentinzellen; bei **c** unverzahnte, jüngste Dentinschicht durch veränderte Lichtbrechung sich deutlich gegen die Odontoplasten absetzend; zwischen beiden liegen feine Granula in unregelmässiger Anordnung. Bei **e** verzahntes Zahnbein, welches

mit kegelförmigen oder kugligen Vorsprüngen gegen die unverzahnte Lage beginnt (bei **d**). Bei **f** Schmelzlage. Schmelz und Zahnbein greifen ebenfalls mit Zacken in einander. $^{410}/_1$

Fig. 7. Innere Zahnbeinfläche von Cavia cobaya, mit Chromsäure behandelt. An der Zahnbeingrundsubstanz sind ähnliche Zapfen wie Fig. 5 zu bemerken; in den dunklen Linien liegen die schlitzähnlichen Eingänge der Zahnkanälchen. $^{330}/_1$

Fig. 8. Querschnitt des sich entwickelnden Zahnbeins vom Kalbe (mit Chromsäure und Salzsäure behandelt). Bei **a** Dentinzellen, bei **b** unverzahnte, bei **c** verzahnte oder mit Kalk imprägnirte Zahnbeinschicht. $^{410}/_1$

Fig. 9. Mit Kalilauge behandeltes Zahnbein von Sciurus europaeus, um die unverzahnte Lage Zahnbein zu zerstören und die Formen des abgelagerten Kalkes rein zu erhalten. Flächenansicht der Stelle, welche bei **d** Fig. 6 im Querschnitt dargestellt ist. Man sieht grössere Kalkkugeln oder Kalkkegel, die aus vielen Kalkkörnern zusammengesetzt sind, zerstreut zwischen den übrigen mehr gleichmässig ausgebreiteten kleinen Kalkkörnern, die aber durchgängig gegenüber den zuerst auftretenden (Fig. 5 c u. Fig. 1 e) gewachsen sind. $^{410}/_1$

Fig. 10. Aehnliches Präparat vom Hasen. $^{410}/_1$. Die Kalkablagerungen bilden durch queres Zusammenfliessen von mehr kugligen Formen, wie sie in der vorigen Figur dargestellt sind, wolkenähnliche mit einzelnen Vorbuchtungen versehene Züge.

Fig. 11. F r i s c h e Z a h n p u l p a v o m K a n i n c h e n. In einer homogenen Grundsubstanz liegen rundliche Kerne. Obj. 8, Oc. 3.

Fig. 12. L ä n g s s c h n i t t v o m O b e r k i e f e r e i n e s S c h w e i n s - f ö t u s. **a** Mundepithel, **b** bindegewebige Schleimhaut mit 3 Zahnanlagen und längs- und quergetroffenen Gefässen, **c** Bindegewebe, welches später das Periost des Oberkiefers darstellt. Die Zahnanlagen zeigen unter dem Schmelzorgan, dessen Schmelzpulpa deutlich entwickelt ist, die kuppelförmige Zahnpapille, von welcher Fortsetzungen am Schmelzorgan nach aufwärts streben bis gegen den Hals des Schmelzorgans und in den beiden folgenden Figuren bis zur oberflächlichen Grenze der bindegewebigen Schicht der Schleimhaut. Das Schmelzorgan steht bei allen drei Anlagen unter einander noch in Verbindung. Von der mittleren Anlage ist der Hals des Schmelzorgans nur eine Strecke weit vom Mundhöhlenepithel nach abwärts hin sichtbar und die Zahnanlage überhaupt nur ein wenig getroffen.

Fig. 13 und 14. Q u e r s c h n i t t e v o n Z a h n a n l a g e n d e s S c h w e i n s - f ö t u s. Bei Fig. 13 ist über derselben eine Furche im Epithel bemerkbar; bei Fig. 14 dagegen ein Wall des Mundhöhlenepithels über dem kurzen Halse des Schmelzorgans erkennbar. Bei Fig. 12—14 Obj. 4. Oc. III, und mit Chrom- und Salzsäure behandelt.

Fig. 15. Schmelzorgan von Sciurus europaeus. **a** Schmelzzellen, grösstentheils in ihrer Lage mit deutlicher Begrenzung ihres gegen den Schmelz hin gekehrten Endes; nach oben zu sind dieselben umgelegt und im Querschnitt zu sehen. **b** Rete Malpighi des Schmelzorgans von der Fläche. **c** Alveolarperiost. Frisches Präparat. Obj. 7. Oc. III. Oberhäuser. Kurz.

Fig. 16. Schmelzorgan von Mus amphibius. Bei **a** sieht man zwischen den Abtheilungen des Rete Malpighi die Capillargefässe des Alveolarperiostes, während am obern Rande jenes noch die Schmelzzellen aufsitzen; bei **b** erkennt man die einzelnen Vorsprünge und Einsenkungen des entblössten Rete Malpighi. Obj. 7. Oc. III. Frisches Präparat.

Fig. 17. Längsschnitt durch einen Schneidezahn des Kaninchens nahe seinem untern Ende. **a** Zahnbein, **b** daran anhängende Schmelzplatte, an welcher die Schmelzstäbchen deutlich sind, deren Maschen dem Umfange je einer Schmelzzelle entsprechen; **c** Schmelzorgan mit Schmelzzellen und Rete Malpighi, welches mit Vorsprüngen in entsprechende Vertiefungen des Alveolarperiostes **d** eingreift; **e** Kieferknochen. Frisches Präparat. Obj. 7. Oc. III.

Fig. 18. Sagittalschnitt durch den Unterkiefer eines Kaninchenfötus in der Schneidezahngegend. Chrom-Salz-Säure-Präparat. $^{8}/_{1}$ Vergrösserung. In der Mitte sitzt auf der reich vascularisirten Zahnpulpa kappenförmig das Zahnbein auf. Nach links folgt hierauf der Contour des dahinter befindlichen Alveolarperiostes, welches hier ohne deutliche Grenze in die gefässreiche Anlage des Kieferknochens übergeht. Hierauf folgt noch mehr nach links das äussere Kieferperiost und das Muskelgewebe der zwischen Kiefer und Zungenbein befindlichen Muskeln. Von der Mitte aus nach rechts folgt auf das Zahnbein eine Lücke, worin der aufgelöste Schmelz gelegen hat, hierauf ein länglicher Kolben — das Schmelzorgan, sodann das Alveolarperiost und die reichlich vascularisirte vordere Knochenwand, und endlich deren äussere Bedeckungen. Am Schmelzorgan ist das innere vom äussern Epithel durch die Schmelzpulpa geschieden, welche aber nach aufwärts immer sparsamer wird und hier sich endlich ganz verliert.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Fig 5



Fig 8

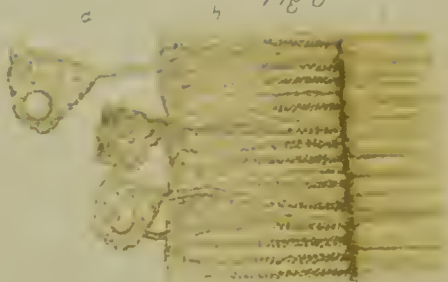


Fig 6.

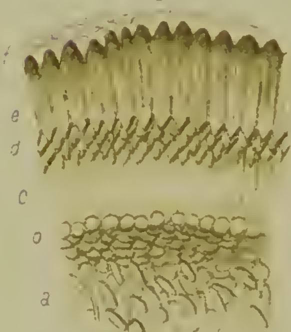


Fig. 9

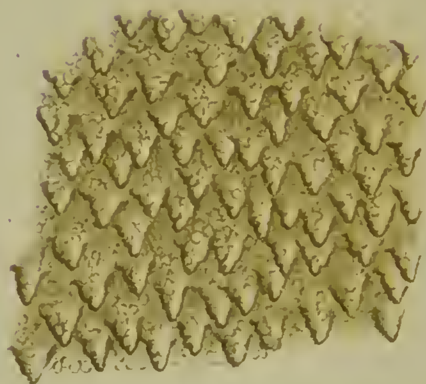


Fig. 7.



Fig 10.

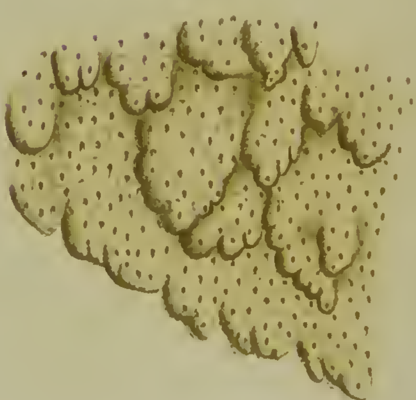


Fig.1



Fig.2

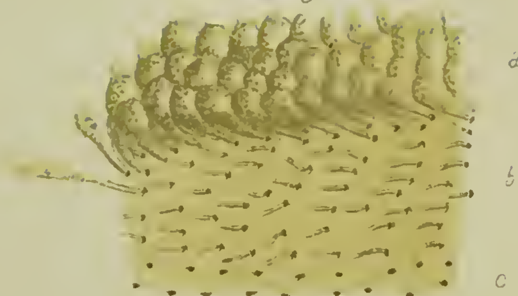


Fig.4



Fig.3.



Fig 11.



Fig 12

c b a

Fig. 13.

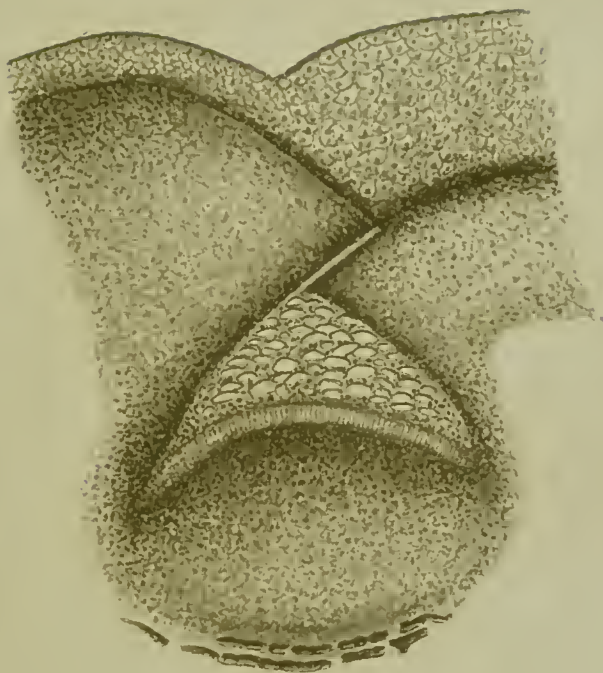


Fig. 14.

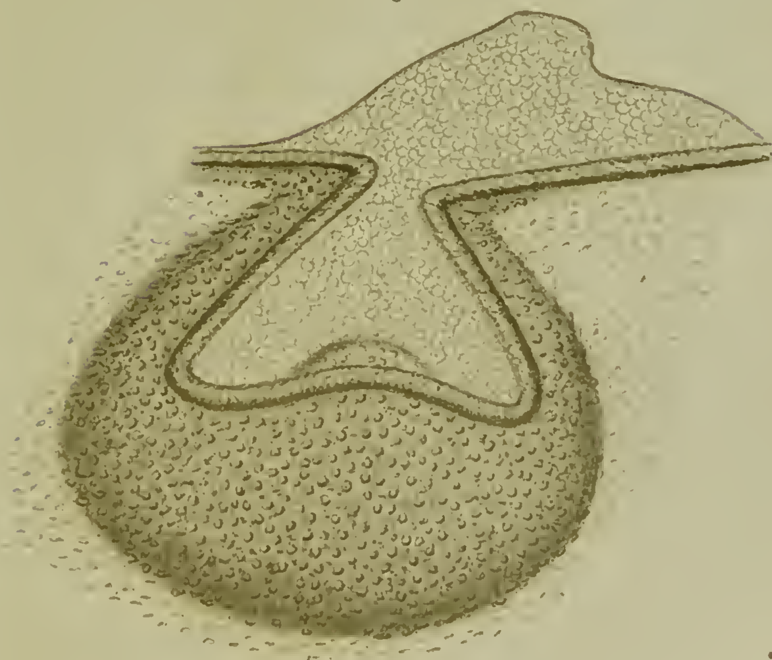


Fig 15.

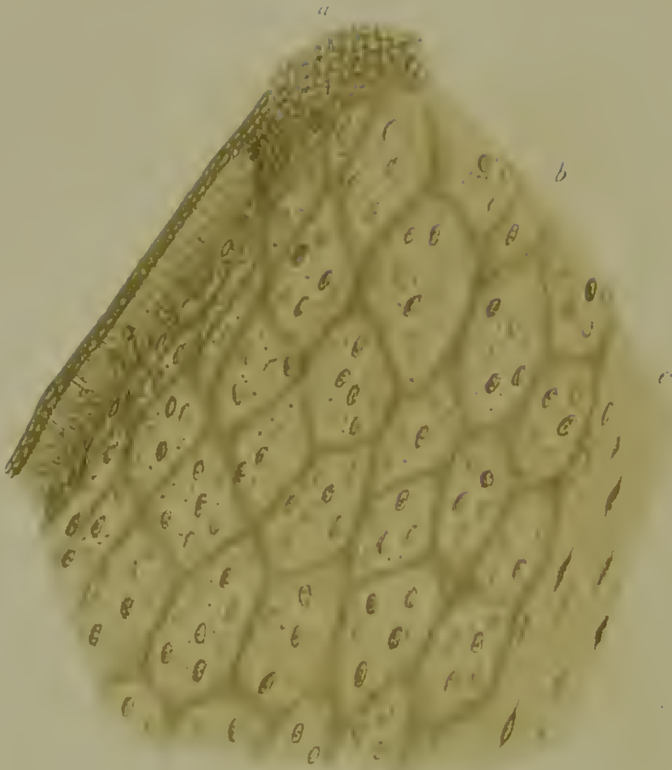
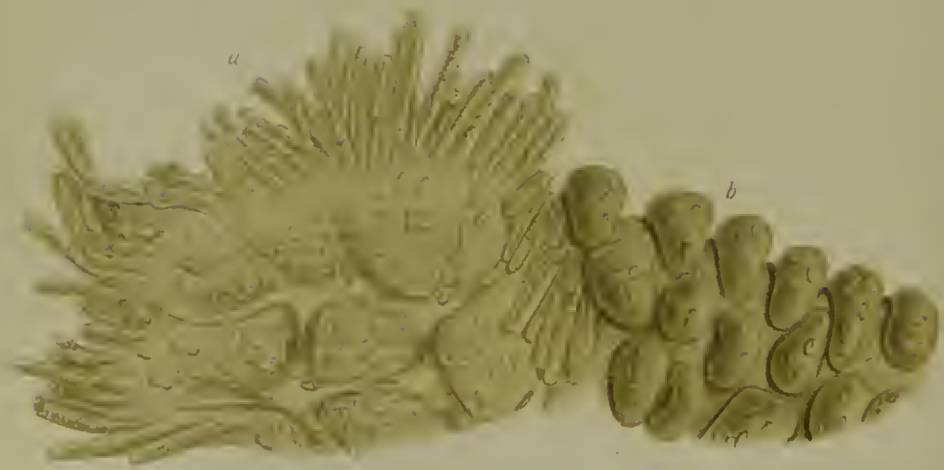


Fig 16.



Wenzel, Zahnschmelz

Fig. 17.

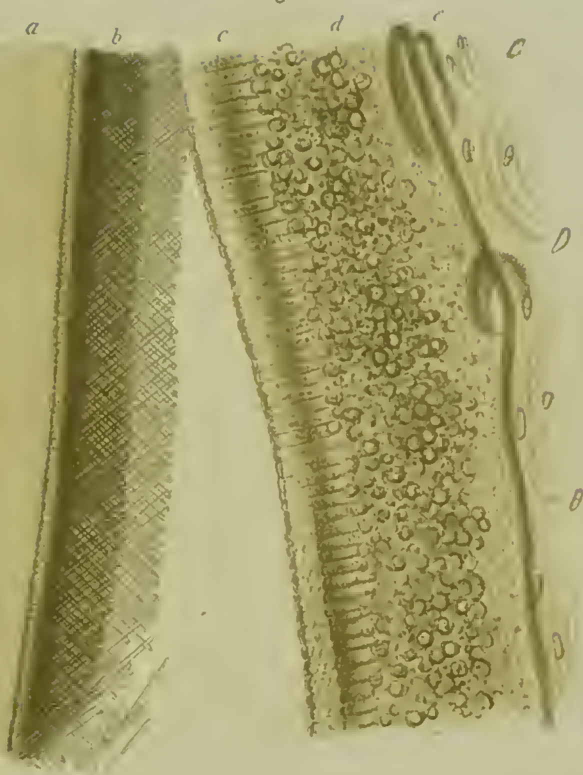


Fig. 18.

